ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО БИОЛОГА

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО БИОЛОГА

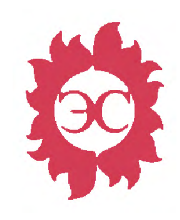






ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО БИОЛОГА

МОСКВА
«ПЕДАГОГИКА»
1986



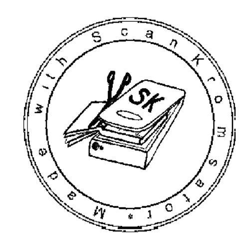
Составитель
АСПИЗ М. Е.

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО БИОЛОГА

ДЛЯ
СРЕДНЕГО И СТАРШЕГО
ШКОЛЬНОГО
ВОЗРАСТА

ББК 28я2
Э68

Энциклопедический словарь юного биолога / Сост.
Э68 М. Е. Аспиз. — М.: Педагогика, 1986. — 352 с., ил.



Словарь посвящен одной из важнейших в современном мире наук — биологии. В нем содержится около 300 статей, в которых рассказывается о происхождении жизни и закономерностях ее развития, строении и функциях живых существ — от целого организма до клеток и молекул. Большое внимание уделено использованию достижений биологической науки в народном хозяйстве, вопросам охраны природы.

В книге помещены статьи о выдающихся отечественных и зарубежных ученых-биологах, даются практические советы для учащихся

Для школьников среднего и старшего возраста

Э $\frac{4306000000-027}{005(01)-86}$ 79-86 ББК 28я2

НАУКА О ЖИЗНИ

Науки возникают не сами по себе, не потому, что их кто-то выдумывает просто «из интереса». Любая наука появляется в результате необходимости решения человечеством тех или иных задач, вставших в процессе его развития. Биология не исключение, она тоже возникла в связи с решением очень важных для людей проблем. Одной из них всегда было более глубокое постижение процессов в живой природе, связанных с получением пищевых продуктов, т. е. знание особенностей жизни растений и животных, их изменений под воздействием человека, способов получения надежного и все более богатого урожая. Решение этой проблемы — одна из фундаментальных причин развития биологии.

Другая, не менее важная «пружина» — это изучение биологических особенностей человека. Человек — продукт развития живой природы. Все процессы нашей жизнедеятельности подобны тем, которые происходят в природе. И поэтому только глубокое понимание биологических процессов служит научным фундаментом медицины. Появление сознания, означающее гигантский шаг вперед в самопознании материи, тоже не может быть понято без глубоких исследований живой природы по крайней мере в двух направлениях — возникновение и развитие мозга как органа мышления (до сих пор загадка мышления остается неразрешенной) и возникновение социальности, общественного образа жизни.

Увеличение производства продуктов питания и развитие медицины — важные, но не единственные проблемы, определявшие развитие биологии как науки на протяжении тысячелетий. Живая природа является источником многих необходимых для человечества материалов и продуктов. Нужно знать их свойства, чтобы правильно использовать, знать, где искать их в природе, как получать. Во многом исходным источником таких знаний оказывается биология. Но и этим не исчерпывается значение биологических наук.

В XX в. население Земли настолько возросло, что развитие человеческого общества стало определяющим фактором развития *биосферы* Земли. К настоящему времени выяснилось, что живая природа не только источник пищи и множества необходимых продуктов и материалов, но и необходимое условие существования самого человечества. Наши связи с ней оказались гораздо более тесными и жизненно необходимыми, чем это считали еще в начале XX в.

Например, воздух казался таким же неиссякаемым и постоянным ресурсом природы, как, скажем, солнечный свет. На самом деле это не так. Тот качественный состав атмосферы, к которому мы привыкли, с его 20,95% кислорода и 0,03% углекислого газа — производное деятельности живых существ: *дыхания* и *фотосинтеза* растений, окисления отмершего органического вещества. Кислород воздуха возникает только в результате жизнедеятельности растений. Главные фабрики кислорода на Земле — тропические леса и океанские водоросли. Но уже сегодня, как показывают наблюдения, количество углекислого газа в атмосфере Земли постоянно возрастает в результате освобождения огромного количества углерода при сгорании нефти, газа, угля, древесины, а также других антропогенных процессов. С 1958 по 1980 г. количество углекислого газа в атмосфере Земли увеличилось на 4%. К концу века содержание его может возрасти более чем на 10%. В 70-е гг. XX в. количество кислорода, поступавшего в атмосферу в результате жизнедеятельности растений, оценивали в $1{,}55 \cdot 10^9$ т/год, а ежегодное потребление человечеством — в $2{,}16 \cdot 10^{10}$ т/год. Это значит, что мы живем уже за счет запасов кислорода, накопленных в прошлом, на протяжении миллионов лет *эволюции* живых существ на планете.

Та вода, которую мы пьем, точнее — чистота этой воды, ее качество тоже определяется в первую очередь живой природой. Наши очистные сооружения лишь завершают тот огромный процесс, который незримо для нас происходит в природе: вода в почве или водоеме многократно проходит через тела мириадов беспозвоночных, фильтруется ими и, освобождаясь от органических и неорганических примесей, становится такой, какой мы ее знаем в реках, озерах и ключах.

Таким образом, качественный состав и воздуха, и воды на Земле зависит от жизнедеятельности живых организмов. Следует добавить, что и плодородие почвы — основа урожая — результат жизнедеятельности обитающих в почве живых организмов: огромного числа *бактерий,* беспозвоночных, водорослей.

Человечество не может существовать без живой природы. Отсюда жизненно

важная для нас необходимость сохранить ее в «рабочем состоянии». К сожалению, это не так просто сделать. В результате освоения человеком всей поверхности планеты, развития сельского хозяйства, промышленности, вырубки лесов, загрязнения материков и океанов все большее число видов растений, грибов, животных исчезает с лица Земли. Исчезнувший вид восстановить невозможно. Он является продуктом миллионов лет эволюции и обладает уникальным генофондом — только ему присущим кодом наследственной информации, определяющим неповторимость свойств каждого вида. По некоторым подсчетам, в начале 80-х гг. в мире ежедневно уничтожалось в среднем по одному виду животных, к 2000 г. этот темп может увеличиться до одного вида в час. В нашей стране один вид позвоночных животных исчезает в среднем за 3,5 года. Как изменить эту тенденцию и вернуться на эволюционно оправданный путь постоянного увеличения общей «суммы жизни», а не ее уменьшения? Эта проблема касается всего человечества, но решить ее без работы биологов невозможно.

Образно говоря, современная биология представляет собой огромное, многоэтажное здание, содержащее тысячи «комнат» — направлений, дисциплин, целых самостоятельных наук. Одно их перечисление может занять десятки страниц.

В здании биологии выделяются как бы четыре главных «этажа», соответствующие фундаментальным уровням организации живой материи. Первый «этаж» молекулярно-генетический. Объектом изучения живого оказываются здесь единицы наследственной информации (*гены*), их изменения — *мутации* и сам процесс передачи наследственной информации. Второй «этаж» онтогенетический, или уровень индивидуального развития. События на этом «этаже» пока наименее изученные в биологии. Здесь происходит таинственный процесс, определяющий появление в нужном месте, в нужное время того, что и должно появиться в ходе нормального развития каждой особи — ноги или глаза у животного, листа или коры у растения. Следующий «этаж» — популяционно-видовой уровень. Элементарные единицы на этом уровне — *популяции*, т. е. сравнительно небольшие, длительно существующие группы особей одного вида, внутри которых происходит обмен наследственной информацией. Элементарные явления здесь — необратимые изменения генотипического состава популяций и в конечном итоге возникновение разных приспособлений (*адаптаций*) и новых видов. На последнем, четвертом «этаже» протекают процессы в экологических системах разного масштаба — сложных сообществах многих видов, вплоть до биосферных процессов в целом. Элементарные структуры этих сообществ — биогеоценозы, а элементарные явления — переход биогеоценоза из одного состояния динамического равновесия в другое, что и ведет в конце концов к изменению всей биосферы в целом. На каждом уровне действуют свои собственные закономерности, но события, происходящие на каждом из них, тесно связаны с событиями на других уровнях.

В последние десятилетия несколько выдвинулась вперед молекулярная биология (по числу занятых в этой области ученых, по средствам, отпускаемым в разных государствах на развитие именно этого направления исследований). Получены замечательные результаты, начиная от чисто теоретических (расшифровка генетического кода и синтез первых искусственных генов) до практических (например, развитие *генной инженерии*). Сейчас начинает быстро развиваться популяционная биология, которая позволит успешно решить многие современные проблемы, связанные с увеличением производства продуктов питания, необходимых для численно растущего человечества, сохранения быстро исчезающих видов живых организмов, ряд проблем, связанных с грандиозной задачей перехода к управлению эволюционным развитием все большего и большего числа видов. Не за горами и интенсивное развитие биосферного «этажа» исследований.

Не надо думать, что биологами в классических областях — зоологии, ботанике, морфологии, физиологии, систематике и других — уже все сделано. Работы тут еще очень много. Знаете ли вы, что научно описано (приведены точные описания и дано научное название) менее половины населяющих нашу планету организмов — всего около 4,5 млн. видов, а по некоторым расчетам, не более трети или даже четверти их? Даже в нашей стране, расположенной в основном в умеренной климатической зоне, не отличающейся многообразием органических форм, ученые открывают ежегодно десятки новых видов (в основном беспозвоночных).

А разве не увлекательны исследования палеонтологов, которые по разрозненным остаткам ископаемых организмов воссоздают облик давно вымерших животных, реконструируют природу былых эпох, выясняют пути развития органи-

ческого мира? И здесь исследователей поджидают интереснейшие находки. Каким сенсационным, например, стало открытие древнейших доядерных ископаемых в породах возраста более 3 млрд. лет! Это значит, что уже тогда существовала жизнь на Земле. Не менее увлекательна и полна открытий работа генетиков, зоологов, ботаников, биохимиков, физиологов и др.

Нас, людей, на Земле становится все больше и больше, и мы хотим жить все лучше. Поэтому для развития общества требуется все больше сырья, разнообразных продуктов. Отсюда возникает грандиозная задача интенсификации всего народного хозяйства, в том числе и тех его отраслей, которые связаны с биологией, прежде всего сельского хозяйства, лесного и охотничье-промыслового, рыбного. Но не только этих отраслей. В нашей стране создана и успешно развивается, например, микробиологическая промышленность — огромная отрасль народного хозяйства, дающая пищевые и кормовые (для скота и птицы, разводимых рыб и др.) продукты, новейшие лекарства и медицинские препараты и даже помогающая добывать глубоко в недрах Земли различные полезные ископаемые. Вышла на старт и уже приносит первые плоды еще одна биологическая отрасль народного хозяйства — *биотехнология*, основанная на использовании открытых физико-химической (молекулярной) биологией процессов и структур для создания необходимых человечеству веществ и продуктов. О развитии важнейших направлений биологических наук, расширении их практической связи с медициной и сельским хозяйством говорится в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года», принятых XXVII съездом КПСС.

Интенсификация означает и жесткую экономию природных ресурсов, их сохранение в интересах развивающегося общества. Замечательным свойством живых природных ресурсов оказывается их возобновляемость, способность к восстановлению в результате размножения живых организмов. Поэтому при интенсификации использования живых природных ресурсов можно и нужно добиваться того, чтобы они служили нам неограниченно долгое время. Это может быть сделано при организации настоящего хозяйственного, экономного использования и поддержания живых сил природы. Решением этих проблем занимаются многие ученые. Всем этим вопросам очень большое внимание уделяют партия и правительство. В Программе КПСС (новая редакция) записано: «Партия считает необходимым усиливать контроль за природопользованием, шире развернуть экологическое воспитание населения».

Когда возник замысел создания этой книги, одной из основных задач, поставленных перед коллективом авторов, было рассказать о важных и интересных чертах современной биологии, о том, чего уже удалось достичь в разных ее областях и какие нерешенные проблемы стоят перед биологами. Мы хотели, не повторяя учебника, но опираясь на знания, которые дает школьная программа по биологии, показать, над чем работают биологи в лабораториях и экспедициях. В словаре также немало очерков о выдающихся биологах нашей страны и других стран. Именно благодаря работе наших предшественников в науке мы обладаем сегодняшними знаниями.

В книге вы найдете и практические рекомендации, описания опытов, которые легко провести самим. Узнаете о работе юных защитников природы, биологических кружков и научных обществ учащихся.

Несколько слов о том, как надо читать эту книгу. В тексте вы часто встретите слова, выделенные *курсивом*. Это значит, что в словаре об этом понятии есть специальная статья. Ориентироваться в содержании словаря вам поможет алфавитный указатель, помещенный в конце книги. Обязательно загляните и в список литературы, рекомендованной для чтения.

Надеемся, что «Энциклопедический словарь юного биолога» поможет вам узнать немало нового и увлекательного о живой природе, найти ответы на интересующие вас вопросы, пробудит и разовьет интерес к замечательной науке о живом — биологии.

Академик М. С. ГИЛЯРОВ
Член-корреспондент АН СССР А. В. ЯБЛОКОВ


„УМ ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ОТКРЫЛ
МНОГО ДИКОВИННОГО В
ПРИРОДЕ, ОТКРОЕТ ЕЩЁ
БОЛЬШЕ"
ЛЕНИН

А

АВТОТРОФЫ

Автотрофы (от греческих слов autos — сам и trophe — пища) — живые организмы, производящие (синтезирующие) все необходимые для жизни органические вещества из неорганических. К автотрофам относятся большинство высших растений (кроме лишенных хлорофилла, питающихся за счет других растений), водоросли и некоторые *бактерии*. Зеленые водоросли и высшие растения содержат хлорофилл, с помощью которого они могут использовать энергию Солнца для синтеза органических веществ из углекислого газа и воды (см. *Фотосинтез*). Автотрофные бактерии образуют органическое вещество за счет энергии химических реакций окисления — *хемосинтеза*.

Трудно переоценить роль автотрофов в природе: именно они оказываются первичными продуцентами органического вещества, которое затем используется всеми другими живыми организмами — *гетеротрофами*.

Хотя между автотрофами и гетеротрофами есть принципиальное различие, резкой границы между ними иногда провести не удается (как это часто бывает в природе вообще). Оказывается, многие растения — типичные автотрофы — для нормальной жизнедеятельности могут использовать органические вещества, которые поступают к ним через корни из почвы или из других источников (насекомоядные растения, например росянка). Одноклеточная эвглена на свету зеленая и автотроф, а в темноте бесцветная и гетеротроф.

АДАПТАЦИЯ

Все живые организмы приспособлены к своим местообитаниям: болотные растения — к болотам, пустынные — к пустыням и т. д. Животные приспособлены к определенному характеру питания, защите от врагов. Адаптация (от латинского слова adaptatio — прилаживание, приспособление) — процесс, а также результат приспособления строения и функций организмов и их органов к условиям *среды обитания*. Общая приспособленность живых организмов к условиям существования складывается из множества отдельных адаптаций самого разного масштаба.

Растения засушливых районов имеют различные приспособления, чтобы добывать необходимую влагу. Это либо мощная система корней, проникающих иногда на глубину десятков метров, либо развитие волосков, уменьшение числа устьиц на листьях, сокращение площади листьев, позволяющие резко снизить испарение влаги, либо, наконец, способность запасать влагу в сочных частях, как, например, у кактусов и молочаев.

Разнообразны адаптации и у животных. Звери, обитающие в холодных местах, по-разному защищены от охлаждения. У одних зверей теплоизоляцию обеспечивает шерстный покров. У китов, дельфинов, многих тюленей для этой цели служит толстый слой подкожного жира. Многие звери на холодный период года впадают в *спячку*. Множество приспособлений у животных связано с добычей пищи. Сравните травоядных, хищных, паразитических животных.

Все адаптации возникают в ходе *эволюции* в результате *естественного отбора* наследственных вариаций (*мутаций*) и их комбинаций. Эти мутации всегда возникают в любой *популяции* живых организмов в огромном числе, причем большая их часть не проявляется, а находится в генофонде в скрытом виде. Естественный отбор подхватывает оказавшиеся полезными в данных условиях наследственные вариации. Шаг за шагом, из поколения в поколение посредством преимущественного размножения особей — носителей таких полезных изменений новые свойства становятся характерными для вида. Так возникает адаптация.

Развитие органического мира идет по пути возникновения все новых и новых адаптаций. Поэтому говорят, что эволюция — это адаптациогенез. *Ч. Дарвин* доказал, что любые особенности строения или образа жизни, возникшие у одного из видов, обязательно приводят к тому, что и у всех других видов, связанных с ним, тоже начинают вырабатываться новые приспособления к этим новым адаптациям соседних видов. Так непрерывно растет многообразие адаптаций, увеличивается общая «сумма жизни».

В одних случаях при адаптации усложняются строение органов или какие-то физиологические процессы, в других — они резко упрощаются (например, у большинства специализированных паразитов).

В процессе эволюции сложились удивительно сложные и многообразные взаимосвязи различных организмов. Выяснено, например, что один вид растений в своей жизнедеятельности обычно тесно связан в среднем с десятком, а иногда и несколькими десятками видов беспозвоночных животных. Эти беспозвоночные (чаще насекомые) опыляют растение, используют его как пищу, среду обитания и т. п. Исчезновение такого вида растений ведет

У бегемота и лягушки при погружении в воду глаза и ноздри выступают над ее поверхностью. Эти приспособления дают животным возможность видеть и дышать в таком положении.





неизбежно к исчезновению и всех тесно связанных с ним видов животных, если только они не успевают приспособиться к жизни за счет других растений. Часто бывает и наоборот: растение вымирает с исчезновением какого-либо вида животных, который один только мог его опылять. Установлена такая строгая привязанность к тропическим растениям некоторых видов муравьев, шмелей, летучих мышей, колибри.

Многие адаптации возникают на глазах человека. Так, в результате естественного отбора от единичных, случайно оказавшихся невосприимчивыми к инсектицидам домовых мух, колорадских жуков, щитовок, комаров, блох и других так называемых «вредных» животных возникли насекомые, обладающие устойчивостью к инсектицидам. Экспериментально получены такие мухи, для нормального развития которых необходимо присутствие в окружающей среде инсектицида, например ДДТ.

Любая адаптация относительна. Нет универсальных приспособлений, хотя есть, конечно, приспособления более общего значения и менее общие. Таким крайне широкого значения приспособлением у позвоночных оказывается, например, прогрессивное развитие головного мозга.

Понятие «адаптация» используют и в другом смысле — для обозначения обратимых изме-

Кактусы способны запасать влагу в сочных частях растения. Это приспособление к жаркому и засушливому климату.





Кожистая перепонка между передними и задними конечностями позволяет грызуну летяге совершать планирующий полет. Это важное приспособление к жизни на деревьях.



нений в организме, происходящих в ответ на изменения внешней среды. В одних случаях это быстрые и кратковременные изменения, например учащение сердцебиений при физической нагрузке или расширение зрачка для улучшения зрения в сумерках. В других случаях эти изменения возникают постепенно и сохраняются долго. При долгой работе рук усиливаются их мышцы, при давлении на кожу возникает защитная мозоль. Дерево в густом лесу тянется вверх, а на открытом месте — разрастается вширь. Все такие индивидуальные адаптации (они еще называются акклимациями) находятся в пределах так называемой нормы реакции (наследственно обусловленного диапазона реакций) и по существу оказываются лишь одним из проявлений эволюционно сформированной видовой адаптации в широком смысле слова.

Белый медведь — постоянный житель Арктики. Густой теплый мех, умение хорошо плавать, белая покровительственная окраска, позволяющая ему незаметно приближаться к тюленям, — все это адаптации. А у джейраиа (*внизу*) живущего в пустыне, адаптациями оказываются редкая короткая шерсть, коричневая, под цвет пустыни, окраска, способность быстро бегать.





АДЕНОЗИНТРИФОСФОРНАЯ КИСЛОТА (АТФ)

АТФ — нуклеозидтрифосфат, состоит из гетероциклического основания — аденина, углеводного компонента — рибозы и трех остатков фосфорной кислоты, соединенных последовательно друг с другом. В молекуле АТФ имеется одна фосфодиэфирная и две фосфоангидридные — макроэргические (см. *Макроэргические соединения*) связи (рис. 1).

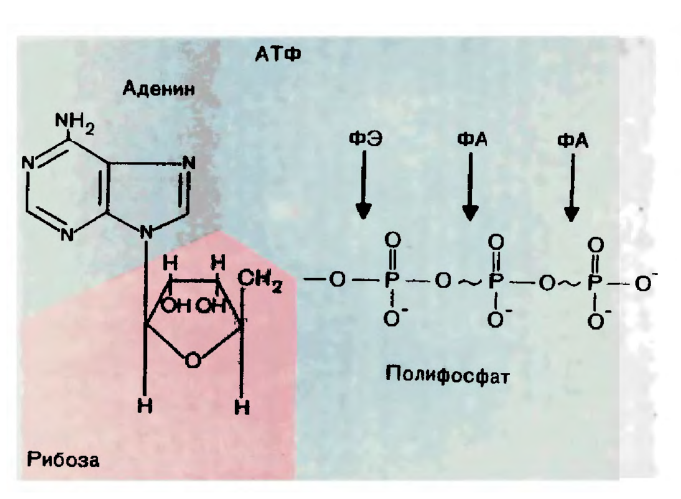
АТФ содержится в каждой *клетке* животных и растений — в растворимой фракции цитоплазмы клетки, *митохондриях* и *ядрах.* Она служит главным переносчиком химической энергии в клетке и играет важную роль в ее энергетике.

АТФ образуется из АДФ (аденозиндифос-

форной кислоты) и неорганического фосфата ($Ф_н$) за счет энергии окисления в специфических реакциях фосфорилирования, происходящих в процессах *гликолиза*, внутриклеточного *дыхания* и *фотосинтеза*. Эти реакции протекают в *мембранах* хлоропластов и митохондрий, а также в мембранах фотосинтезирующих *бактерий*.

При химических реакциях в клетке потенциальная химическая энергия, запасенная в макроэргических связях АТФ, может переходить во вновь образующиеся фосфорилированные соединения (АТФ + D-глюкоза → АДФ + + D-глюкозо-6-фосфат). При гидролизе АТФ (АТФ + H_2O ⇄ АДФ + $Ф_н$) она преобразуется в энергию тепловую, лучистую, электрическую, механическую и т. п., т. е. служит

Структурная формула АТФ.



ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ЭНГЕЛЬГАРДТ (1894—1984)



Академик Владимир Александрович Энгельгардт — советский биохимик, один из основоположников молекулярной биологии в СССР.

Окончив медицинский факультет Московского университета в 1919 г., он, молодой врач, участвовал в гражданской войне. Научные исследования Владимир Александрович начал в 20-е гг. Он изучал общие механизмы преобразования энергии в биологических системах.

В 1929—1931 гг., работая в Казани, Энгельгардт опубликовал статьи, посвященные процессам клеточного *дыхания*. При инкубировании эритроцитов (красных кровяных телец) птиц он обнаружил, что соответственно количеству (объему) поглощенного ими кислорода из инкубационной среды исчезает неорганический фосфат и появляется особая форма пирофосфата. Эта форма пирофосфата оказалась *аденозинтрифосфорной кислотой (АТФ)*. Таким образом, ученый установил, что энергия, освобождающаяся в окислительных процессах при дыхании клеток, не рассеивается в виде тепла, а накапливается при соединении молекул ортофосфата пирофосфатными связями (см. *Макроэргические соединения*). Этот, открытый Энгельгардтом процесс называется окислительным фосфорилированием (см. *Биологическое окисление*). В дальнейшем окислительное фосфорилирование стало предметом исследования множества лабораторий во всем мире.

В 1939 г. вместе с М. Н. Любимовой Владимир Александрович сделал другое принципиально важное открытие. Ученые установили, что энергия, необходимая мышце для совершения механической работы, освобождается при гидролизе пирофосфатных связей АТФ, катализируемых основным *белком* мышц — миозином. Таким образом, миозин — сократительный белок является и *ферментом* АТФазой. Исследования привели Энгельгардта к созданию общей концепции механохимических преобразований энергии посредством белков — акторов. Эти работы определили направление исследований биохимии и биофизики мышечного сокращения на многие годы вперед во всем мире.

В 1959 г. Энгельгардт основал Институт радиационной и физико-химической биологии, переименованный затем в Институт молекулярной биологии АН СССР. Директором этого института Владимир Александрович был до конца своей жизни. В Институте молекулярной биологии были развернуты исследования по структуре *нуклеиновых кислот* и *белков*, механизмам биосинтеза белка, строению и функции *хромосом*, механизмам ферментного катализа.

Среди учеников и последователей В. А. Энгельгардта много крупнейших советских ученых. Многие годы Владимир Александрович читал курсы лекций в Московском и Ленинградском университетах, был членом ряда зарубежных академий и научных обществ.

За большие заслуги в развитии советской науки В. А. Энгельгардт удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Рис. 2. Схема показывает участие АТФ в энергетических процессах клетки.



в организме для теплообразования, свечения, накопления электричества, выполнения механической работы, синтеза химических соединений (биосинтез *белков*, *нуклеиновых кислот*, сложных *углеводов*, *липидов* и т. д.)

АТФ — единый и универсальный источник энергии для функциональной деятельности клетки (рис. 2).



АЗОТФИКСАЦИЯ

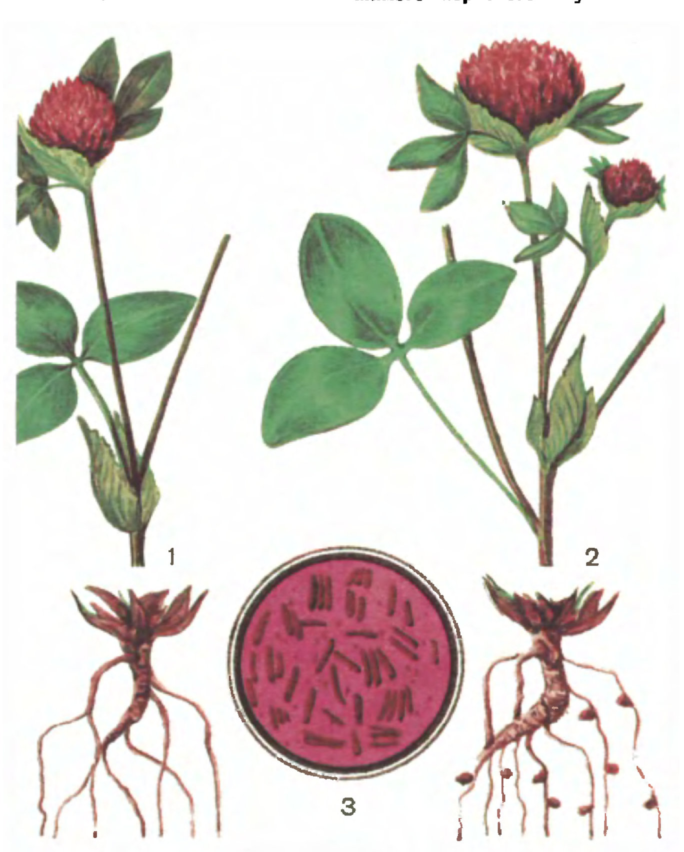
Азотфиксация — это процесс связывания атмосферного азота *бактериями* — единственными организмами, способными его осуществлять. Азотфиксирующие бактерии восстанавливают молекулярный азот N_2 до аммиака NH_3 при помощи *фермента* нитрогеназы, которая «работает» при обычной температуре, в то время как химический синтез аммиака из азота и водорода требует высоких температур и давлений.

Азотфиксация очень широко распространена среди аэробных бактерий (см. *Аэробы*), но особенно среди анаэробных (см. *Анаэробы*). Ее осуществляют как свободноживущие бактерии (цианобактерии, азотобактер и др.), так и симбиотические (см. *Симбиоз*). Клубеньковые бактерии, например, поселяются на корнях бобовых и некоторых других растений (лоха, облепихи, ольхи). В клетках бактерий аммиак используется для биосинтеза *аминокислот* и других азотсодержащих веществ. После гибели бактерий органический азот минерализуется и становится доступным для растений. В свою очередь, симбиотические бактерии получают от растения *углеводы*, минеральные соли.

Азотфиксирующие бактерии ежегодно поставляют в почву 2 млн. т связанного азота, или $^1/_5$ часть необходимого количества азотных удобрений.

Перед будущими исследователями стоит задача умножить число почвенных азотфиксаторов и более эффективно использовать их в качестве биопрепаратов, благодаря чему будут сокращены большие затраты энергии на промышленное получение минерального азота.

Влияние образования клубеньков на рост растения. Два растения красного клевера, выращенные в среде с недостаточным содержанием связанного азота: *1* — растение без клубеньков растет очень слабо из-за недостатка азота; *2* — у растения с клубеньками нормальный рост; *3* — бактерии в окрашенном препарате содержимого корневого клубенька.



Усилия *генной инженерии* направлены на получение бактерий с высокоактивной нитрогеназой, способных в больших количествах связывать и накапливать азот. Еще более интересны попытки включить ген нитрогеназы в растительную клетку.

АЛКАЛОИДЫ

Алкалоиды (от латинского слова alcali — щелочь и греческого eidos — идея, образ, вид) — *биологически активные вещества* главным образом растительного происхождения. Они принадлежат к гетероциклическим соединениям, содержащим азот, и имеют щелочные свойства.

Алкалоиды эффективно действуют на *нервную систему* животных (и человека): в малых дозах они возбуждают ее, а в больших — угнетают. Многие алкалоиды — сильнейшие яды. Например, яд кураре из сока некоторых южноамериканских растений индейцы использовали для смачивания наконечников стрел: одной капли, попавшей в кровяное русло, достаточно, чтобы парализовать жертву. Алкалоиды гриба спорыньи действуют на нервные окончания гладкой мускулатуры и определенные нейроны головного мозга. Очень ядовиты стрихнин и бруцин, получаемые из семян чилибухи (рвотного ореха).

Большинство алкалоидов используют как



Растения — продуценты алкалоидов: *1* — аконит; *2* — белладонна; *3* — мак; *4* — кофейное дерево; *5* — чай; *6* — цветущая ветвь хинного дерева; *7* — хинное дерево.

лекарства. Так, хинин из коры хинного дерева применяют для лечения малярии. Морфин, выделяемый из опийного мака, — сильнейшее болеутоляющее и снотворное средство, *наркотик*. Атропин из белладонны расширяет капилляры, подвластные вегетативной нервной системе. Чай и кофе содержат целый букет алкалоидов. Самый известный из них — кофеин.

Сейчас известно более тысячи различных алкалоидов. Многие из них синтезированы, например кофеин, эфедрин, теобромин и др.

Кроме того, алкалоиды применяют в сельском хозяйстве как инсектициды.

АЛЛЕЛИ

Аллели (от греческого слова allelon — взаимно), или аллеломорфы, — разные формы одного и того же *гена* (в единственном числе — аллель).

В самом простом случае ген представлен двумя аллелями (например, аллели, определяющие зеленый и желтый цвета горошин в опытах *Г. Менделя*). Пример трехаллельного гена — ген, определяющий у человека систему групп крови АВ0 (читается «А-Б-ноль»). При разных сочетаниях этих аллелей образуется первая группа крови (00), вторая (А0, АА), третья (В0, ВВ) и четвертая (АВ). Аллелей бывает и больше: для гена гемоглобина человека их известно много десятков.

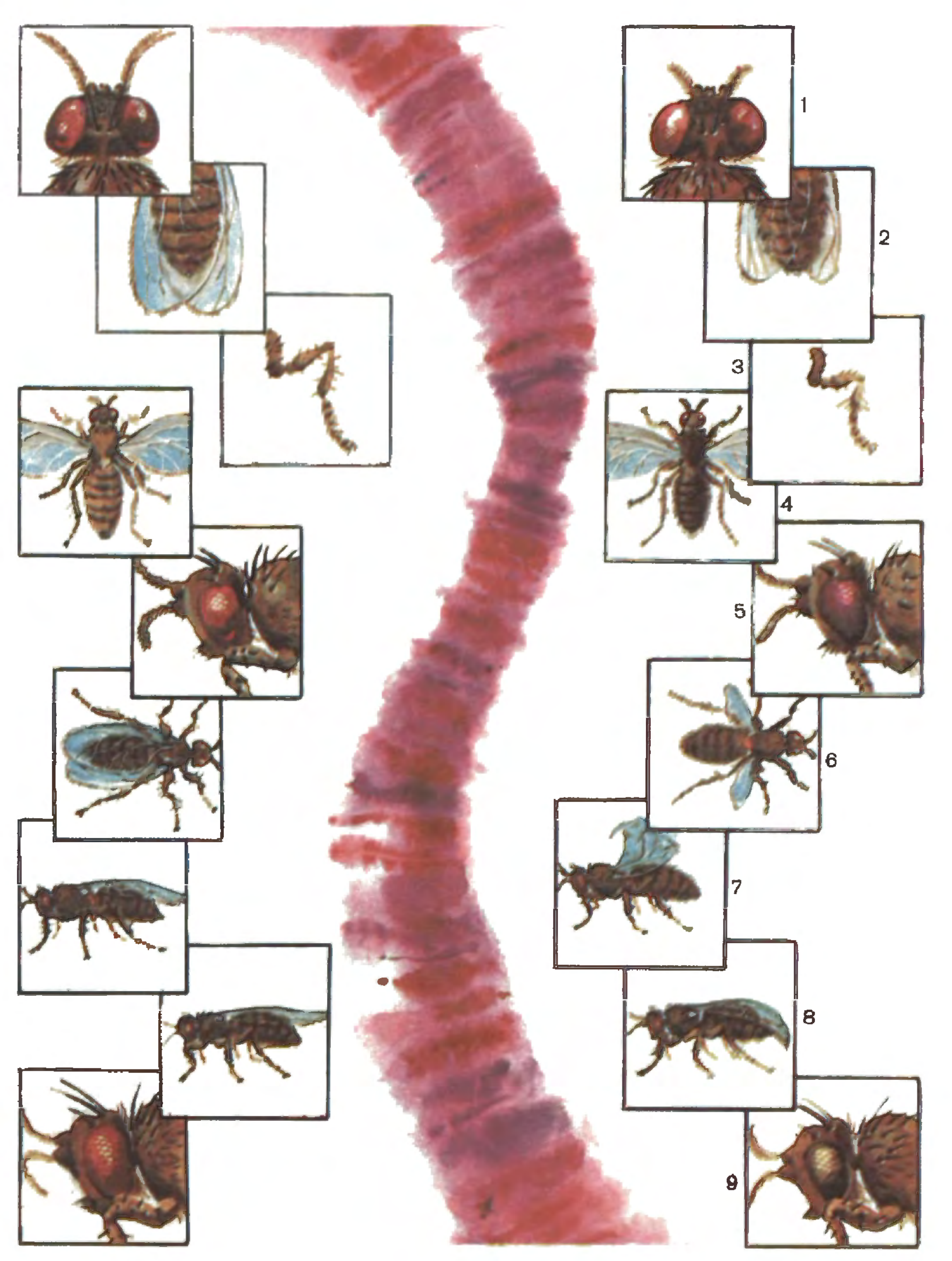
Еще Мендель установил, что действие одних аллелей — рецессивных подавляется действием других — доминантных аллелей. Например, аллель, обусловливающий зеленый цвет горошин, подавляется аллелем, обусловливающим желтый цвет; нормальная окраска у животных доминирует над отсутствием ее (альбинизмом).

В *ядре* «работают» оба аллеля: если, например, у человека есть аллели как нормального гемоглобина, так и аномального (гемоглобина серповидных эритроцитов), методами биохимии из его эритроцитов можно выделить оба эти гемоглобина.

Сколькими аллелями ни был бы представлен ген, в половой клетке имеется только один аллель (закон чистоты гамет), а в диплоидной клетке организма не больше двух — от каждого из родителей (критерий аллелизма).

Сейчас *генная инженерия* позволяет выделять отдельные аллели, расшифровывать их строение и с точностью до одного основания в ДНК отличать один аллель от другого.

Некоторые аллели, если будут унаследованы от отца и от матери (рецессивные) или хотя бы от одного из родителей (доминантные), приводят организм к гибели на ранней стадии



Гены располагаются в хромосомах в линейном порядке. ***В центре рисунка*** **— участок одной из гигантских хромосом из клеток слюнных желез мухи дрозофилы. Окрашивая препарат хромосом, можно выявить в них поперечную исчерченность, маркирующую положение отдельных крупных групп генов.** ***Слева*** **— признаки нормального типа дрозофилы,** ***справа*** **— признаки мутантных аллелей в порядке расположения по хромосоме:** ***1*** **— короткие антенны;** ***2*** **— короткие крылья;** ***3*** **— укороченные конечности;** ***4*** **— темная окраска тела;** ***5*** **— пурпурные глаза;** ***6*** **— недоразвитые крылья;** ***7*** **— загнутые крылья;** ***8*** **— дуговидные крылья;** ***9*** **— бурые глаза.**

развития (летальные аллели). Другие же, наоборот, дают какой-либо положительный эффект, и за ними буквально охотятся селекционеры. Каждая высокопродуктивная порода домашних животных и ценный сорт культурных растений — удачно подобранная комбинация аллелей.

АЛЛЕРГИЯ

Многим знакомы проявления аллергии (от греческих слов allos — другой и ergon — действие): кожные сыпи и экземы, воспаление слизистых оболочек носа и глаз (насморк и конъюнктивит), спазмы гладкой мускулатуры бронхов (астма). Эти неприятные явления возникают далеко не у всех. Крапивница от клубничного компота или насморк после вдыхания цветочной пыльцы угрожает только тем, кто обладает врожденной или приобретенной предрасположенностью к аллергии, причем до ее проявления обычно невозможно предсказать, к какому веществу и в какой форме проявится такая сверхчувствительность организма.

Аллергия относится к реакциям *иммунитета*. Ее вызывают особые антигены, называемые аллергенами (см. *Антиген и антитело*). Они проникают в организм разными способами: через рот (пища, лекарства), дыхательные пути (пыльца растений, шерсть домашних животных), кожу (лекарства, краски). Первый контакт аллергена с организмом проходит безболезненно, но уже через несколько минут после вторичного контакта развивается бурная реакция, обусловленная образованием антител особого типа. Эти антитела, связав антиген, не циркулируют в *крови*, а оседают на поверхности некоторых *клеток* (так называемых тучных клеток и базофилов), участвующих в развитии воспаления.

Из этих клеток освобождаются вещества, вызывающие проявления аллергии.

Аллергию можно вылечить, если удается выявить аллерген. Для этого очищенные экстракты подозреваемых веществ вводят больному внутрикожно. Если введен искомый аллерген, то немедленно начинается местное воспаление. После определения аллергена можно уже приступать к лечению. Аллерген вводят небольшими дозами в кровь, чтобы к нему образовались антитела, циркулирующие в крови. Они связывают аллерген, не давая ему соединиться с «аллергическими» антителами, препятствуя тем самым проявлению заболевания.

АМИНОКИСЛОТЫ

Среди низкомолекулярных природных органических соединений особо важное место принадлежит аминокислотам. Они являются производными органических карбоновых кислот, где один из атомов водорода в углеводородном радикале кислоты замещен на аминогруппу, располагающуюся, как правило, по соседству с карбоксильной группой, т. е. в α-положении, и лишь в некоторых случаях — в β-, γ-положении или у еще более удаленного от карбоксильной группы углеродного атома:

$$CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\overset{\alpha}{CH}}-COOH$$

α-аминопропионовая кислота (α-аланин)

$$\underset{\displaystyle NH_2}{\overset{\beta}{CH_2}}-\overset{\alpha}{CH_2}-COOH$$

β-аминопропионовая кислота (β-аланин)

$$\underset{\displaystyle NH_2}{\overset{\gamma}{CH_2}}-\overset{\beta}{CH_2}-\overset{\alpha}{CH_2}-COOH$$

γ-аминомасляная кислота

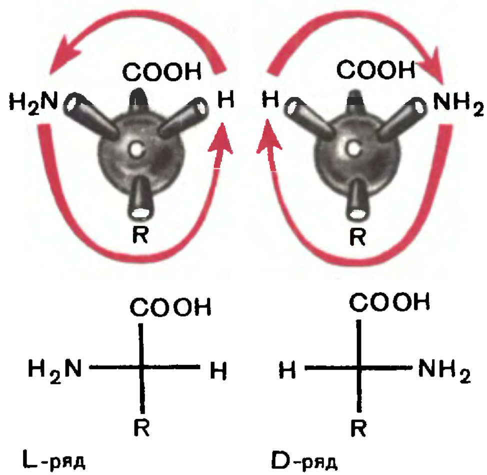
Первая аминокислота была получена из сока спаржи в 1806 г. С тех пор из растений, животных и микроорганизмов выделено свыше 150 природных аминокислот, установлено их строение и выявлены функции многих из них. Так, например, недавно ученые открыли, что γ-аминомасляная кислота обеспечивает процессы торможения в *нервной системе,* а некоторые аминокислоты очень богато представлены в растительном царстве. Многие аминокислоты являются предшественниками

Рис. 2. Межатомные расстояния (*а*) и величины валентных углов (*б*) в молекуле серина (α-амино-β-оксипропионовой кислоты): C_1 — углеродный атом карбоксильной груп-

биологически активных соединений: *гормонов, витаминов, алкалоидов, антибиотиков* и др.

Подавляющее большинство аминокислот существует в организмах в свободном виде, но несколько десятков из них находятся преимущественно в связанном состоянии, т. е. в соединении с другими органическими веществами: β-аланин, например, входит в состав ряда биологически активных соединений, а многие α-аминокислоты — в состав *белков*. Та-

Рис. 1. Конфигурация L- и D-аминокислот. Валентные связи в тетраэдрической модели α-углеродного атома аминокислот изображены в виде конусов, что подчеркивает их направление в пространстве (карбоксильная группа находится за плоскостью чертежа, остальные три группы — над плоскостью). Стрелка указывает характерное для L-ряда (против часовой стрелки) и D-ряда (по часовой стрелке) расположение в пространстве атома водорода, аминогруппы и радикала аминокислоты при условии, что карбоксильная группа ее удалена от наблюдателя (находится под плоскостью чертежа). Под объемными изображениями структуры аминокислот L- и D-ряда даны их плоскостные проекционные формулы. Под радикалом аминокислоты (R) подразумевается группировка атомов, присоединенная к α-углеродному атому аминокислоты (например, метильная группа у аланина) наряду с атомом водорода, аминной и карбоксильной группами.



ких α-аминокислот насчитывается 18. Кроме того, в состав белков входят два амида аминокислот — аспарагин и глутамин. Эти аминокислоты получили название белковых или протеиногенных (образующих протеины, т. е. белки). Именно они составляют важнейшую группу природных аминокислот, так как только им присуще одно замечательное свойство — способность при участии *ферментов* соединяться по аминным и карбоксильным группам и образовывать полипептидные цепи:

$$H_2N-\underset{R}{CH}-COOH + H_2N-\underset{R'}{CH}-COOH + H_2N-\underset{R''}{CH}-COOH \longrightarrow$$

$$\underbrace{H_2N-\underset{R}{CH}-CO-NH-\underset{R'}{CH}-CO-NH-\underset{R''}{CH}-COOH}_{\text{Пептид}} + 2H_2O$$

R − радикал аминокислоты

пы, C_2 — α-углеродный атом; C_3 — β-углеродный атом; O_1 — и O_2 — атомы кислорода карбоксильной группы; O_3 — атом кислорода гидроксильной группы; N — атом азота; атомы водорода изображены в виде желтых шариков, при которых указан химический знак Н. Межатомные расстояния даны в нанометрах (нм), а размеры валентных углов — в градусах. Так как аминокислоты существуют в виде внутренних солей, в которых ион водорода, диссоциировавший по карбоксильной группе, присоединяется координационной связью к атому азота аминогруппы, у последнего на рисунке (*а*, *б*) три водородных атома, а у карбоксильной группы — ни одного. На этом же рисунке показана химическая формула серина (*в*).

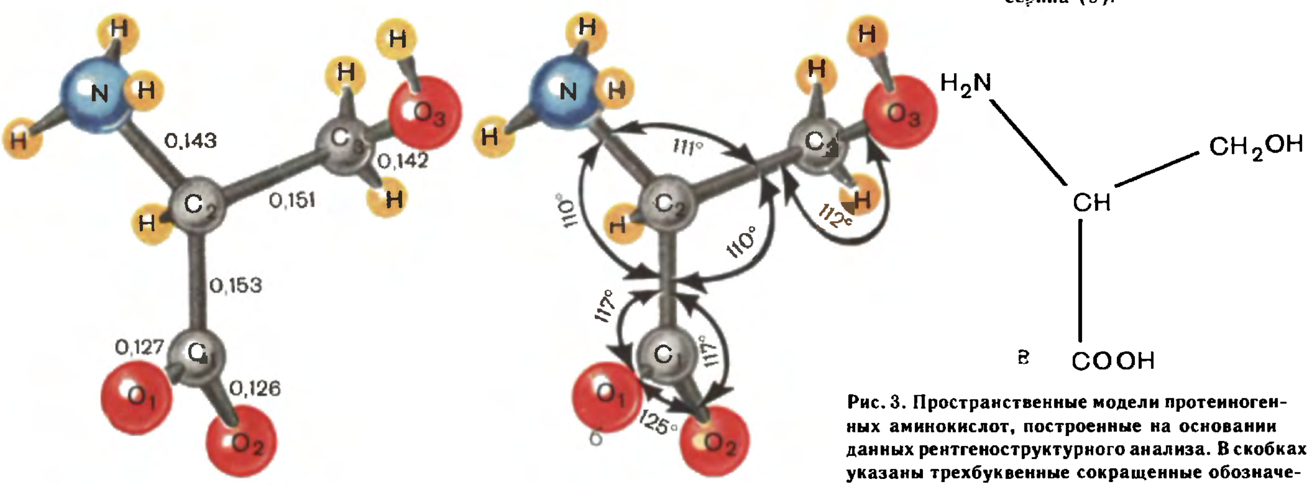


Рис. 3. Пространственные модели протеиногенных аминокислот, построенные на основании данных рентгеноструктурного анализа. В скобках указаны трехбуквенные сокращенные обозначения наименований аминокислот, а также их полные химические названия.

НЕПОЛЯРНЫЕ АЦИКЛИЧЕСКИЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Глицин (гли, α-аминоуксусная кислота)

Аланин (ала; α-аминопропионовая кислота)

Валин (вал, α-аминоизовалериановая кислота)

Лейцин (лей, α-аминоизокапроновая кислота)

Изолейцин (иле; α-амино-β-метилвалериановая кислота)

ИМИНОКИСЛОТА

Пролин (про, пирролидин-α-карбоновая кислота)

НЕПОЛЯРНЫЕ ЦИКЛИЧЕСКИЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Фенилаланин (фен, α-амино-β-фенилпропионовая кислота)

Триптофан (три, α-амино-β-индолилпропионовая кислота)

ДИКАРБОНОВЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Аспарагиновая кислота (асп, аминоянтарная кислота)

Глутаминовая кислота (глу, α-аминоглутаровая кислота)

АМИДЫ ДИКАРБОНОВЫХ АМИНОКИСЛОТ

Аспарагин (асн, амид аспарагиновой кислоты)

Глутамин (глн, амид глутаминовой кислоты)

ОКСИАМИНОКИСЛОТЫ

Серин (сер, α-амино-β-оксипропионовая кислота)

Треонин (тре; α-амино-β-оксимасляная кислота)

Тирозин (тир, α-амино-β-оксифенилпропионовая кислота)

СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Метионин (мет, α-амино-γ-метилтиомасляная кислота)

Цистеин (цис; α-амино-β-тиолпропионовая кислота)

ОСНОВНЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Гистидин (гис, α-амино-β-имидазолилпропионовая кислота)

Лизин (лиз, α,ε-диаминокапроновая кислота)

Аргинин (арг, α-амино-δ-гуанидинвалериановая кислота)

Все белковые аминокислоты, за исключением глицина (аминоуксусной кислоты H_2N—CH_2—$COOH$), оптически активны, т. е. построены асимметрично и в водных или подкисленных водных растворах вращают плоскость поляризованного света вправо или влево в зависимости от природы аминокислоты. Все они по своей пространственной структуре принадлежат к L-ряду (рис. 1); α-аминокислоты D-ряда в белках не представлены, но найдены в антибиотиках пептидной природы и в пептидогликанах (полимерах, содержащих пептиды и полисахариды) клеточных стенок *бактерий.*

Строение α-аминокислот L-ряда вследствие их огромной практической важности детально изучено методом рентгеноструктурного анализа (рис. 2). Эти сведения оказались незаменимыми при построении пространственных моделей α-аминокислот (рис. 3), а с их помощью — моделей белковых молекул.

Из классификации белковых аминокислот (рис. 3) следует, что радикалы их очень разнообразны. Именно поэтому аминокислоты вступают по радикалам в многочисленные химические реакции. Эта способность сохраняется и после того, как они войдут в состав белковой молекулы. Поэтому и белки отличаются исключительно высокой реакционной способностью.

У растений и у большинства микроорганизмов все без исключения протеиногенные аминокислоты синтезируются из простейших соединений — CO_2, воды и аммиака. Однако человек и многие животные утратили способность синтезировать ряд белковых аминокислот, которые стали для них незаменимыми в питании: они обязательно должны поступать с пищей или кормом. К их числу относятся лизин, валин, лейцин, изолейцин, треонин, фенилаланин, триптофан, метионин и др.

Недостаточное содержание этих аминокислот в пище человека и рационе животных ведет к голоданию без голода, нарушению биосинтеза белка, замедлению роста и развития организма, падению продуктивности (у сельскохозяйственных животных) и заболеваниям (у человека). Особенно часто ощущается недостаток лизина, триптофана, треонина и метионина. Чтобы его восполнить, эти аминокислоты получают путем микробиологического или химического (метионин) синтеза в промышленном масштабе. Введение в рационы 0,2—0,5% этих незаменимых аминокислот повышает продуктивность животных в свиноводстве и птицеводстве на 10—13% и сокращает расход кормового белка на 25%. Более того, индустриальный синтез незаменимых аминокислот важен и для человека, так как ими с успехом могут быть заменены пищевые белки.

Искусственно синтезированные ω-аминокислоты (ω-аминокапроновая, ω-аминооктановая и др.) служат сырьем для производства химических волокон — капрона, лавсана и др.

АНАБИОЗ

Анабиоз (от греческого слова anabiosis — оживление) — временное состояние организма, при котором жизненные процессы (*обмен веществ* и др.) замедлены настолько, что отсутствуют видимые проявления жизни. В такое состояние организмы впадают при неблагоприятных условиях. С наступлением благоприятных условий организм как бы оживает — у него восстанавливается нормальный уровень жизнедеятельности.

Анабиоз распространен среди всех крупных групп организмов. Многие *бактерии* и микроскопические грибы при охлаждении, высушивании или нагревании образуют *споры,* способные выдерживать сильнейшие абиотические воздействия.

Анабиоз характерен для целых этапов развития многих растений, животных и грибов. У них образуются семена, яйца, споры или цисты, которые сохраняют жизнеспособность на протяжении многих лет и после пребывания в самых неблагоприятных условиях.

Своеобразный анабиоз характерен для многих червей, моллюсков, насекомых, а также для земноводных и пресмыкающихся, которые могут временно замерзать полностью. С анабиозом при сильном охлаждении имеет много общего зимняя спячка некоторых млекопитающих (например, медведей).

В наше время анабиоз широко использует человек: при приготовлении живых вакцин в медицине, в искусственном осеменении сельскохозяйственных животных (замороженная сперма ценных производителей может храниться очень долго, не теряя способности к *оплодотворению*), а также для облегчения хирургических операций, когда применяется глубокое охлаждение организма человека — так называемая гипотермия.

АНАЛОГИЯ

Аналогия (от греческого слова analogia — соответствие, сходство) — внешнее сходство организмов разных систематических групп, а также органов или их частей. Аналогичные органы выполняют у разных животных одну функцию, но имеют неодинаковое происхождение (происходят от разных зачатков).



Крыло бабочки и крыло птицы, роющая конечность крота и земляного сверчка медведки — примеры аналогичных органов.

Например, аналогичны крыло бабочки и крыло птицы — и то и другое служит для полета. Однако развиваются они из разных зачатков: крылья насекомых — хитиновые выпячивания на спинной поверхности, а крылья птиц — видоизмененные передние конечности.

Так же аналогичны роющие конечности земляного сверчка — медведки и крота, жабры личинок стрекоз и жабры рыб.

Удивительно похожи глаза осьминога и человека, хотя внутреннее их строение совершенно различное. У осьминога линза хрусталика приближается к сетчатке или удаляется от нее; его глаз наводится на фокус, как объектив фотоаппарата. У человека хрусталик жестко фиксирован, но может менять свою кривизну благодаря сокращению особых мышц. У человека, как и у всех позвоночных, глаза — выросты зачатка головного мозга, у осьминога они образовались из покровов тела.

Путь *эволюции,* основанный на развитии аналогичных органов, приводит часто к *конвергенции,* когда неродственные организмы или их органы оказываются очень похожими друг на друга.

Аналогия противоположна *гомологии:* гомологичные органы имеют одинаковое происхождение и занимают сходные положения относительно других органов, но могут выполнять в организме разные функции и поэтому быть непохожими.

АНАЭРОБЫ

Анаэробы (от греческой отрицательной частицы an и *аэробы)* — организмы, способные жить и развиваться при отсутствии свободного кислорода и получающие энергию для жизнедеятельности за счет расщепления органических или неорганических веществ. Большинство анаэробов — микроорганизмы, хорошо развивающиеся при полном отсутствии кислорода; при соприкосновении с воздухом они гибнут. Среди них возбудители столбняка, газовой гангрены, некоторые стрептококки и другие болезнетворные микроорганизмы, *бактерии,* живущие в кишечнике человека и животных, маслянокислые бактерии, живущие в созревающем сыре, и др. Они называются облигатными (обязательными) анаэробами.

Другие анаэробы, так называемые факультативные (условные), могут жить как без кислорода, так и в его присутствии. К ним относятся микроорганизмы (дрожжи, возбудители брюшного тифа, бактерии сибирской язвы и др.), некоторые простейшие, а также и многоклеточные животные (круглые, плоские и малощетинковые черви, погонофоры, моллюски). Анаэробы широко распространены в природе и встречаются в почве, илах, толще морской воды и т. д.

Граница между анаэробами и аэробами условна, так как есть немало промежуточных групп микроорганизмов.

АНТИБИОТИКИ

Антибиотики (от греческих слов anti — против и bios — жизнь) — это органические вещества, образуемые микроорганизмами и обладающие способностью убивать микробов или угнетать их рост. Антибиотиками называют также антибактериальные вещества, извлекаемые из растительных или животных *клеток.*

Идею использовать одни организмы против других выдвинул *И. И. Мечников.* Он предложил применять молочнокислые бактерии

для борьбы с гнилостной микрофлорой кишечника. Затем русские ученые В. А. Манассеин и А. Г. Полотебнов предложили при лечении гнойных ран использовать гриб пеницилл (зеленую плесень). Объяснение этого свойства гриба было дано лишь через полвека, когда английские исследователи во главе с А. Флемингом открыли его активное начало — пенициллин, изучили и описали его свойства. Сейчас налажено производство пенициллина и его производных на заводах, где различные виды плесеней выращивают в огромных количествах. Из природного пенициллина с помощью *фермента* получают пенициллиновую кислоту, а из нее путем химического синтеза — более активные производные этого антибиотика.

Арсенал антибиотиков насчитывает тысячи веществ. Многие из них нашли применение в медицине, сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Широко известны синтетические антибиотики синтомицин и левомицетин. Источником антибиотиков стали многие почвенные грибы и бактерии. Почвенный лучистый грибок актиномицет выделяет стрептомицин, ауреомицин, митомицин и много других веществ антибиотического действия. Из почвенной бактерии Wacillus brevis советские ученые выделили грамицидин, применяемый для профилактики гнойных заболеваний.

Действие каждого антибиотика строго избирательно: он точно повреждает определенную мишень — реакцию в клетке, не затрагивая другие реакции. Часто такое повреждение оказывается возможным из-за структурного сходства его молекулы или части молекулы с нормальной участницей очередной внутриклеточной реакции.

Антибиотики могут стать фактором отбора устойчивых к ним микробов. Так, например, широчайшее применение пенициллина (а он препятствует образованию клеточной стенки *бактерии)* привело к отбору форм, способных синтезировать фермент пенициллиназу, расщепляющий пенициллин на неактивные части. Приходится создавать новые производные пенициллина, не расщепляемые ферментами.

Следует помнить о том, что, «стреляя» антибиотиками в определенные реакции *обмена веществ* болезнетворного микроорганизма, мы можем невольно попасть в те же реакции своих собственных здоровых клеток. Отсюда появление лекарственной *аллергии.* Все это вовсе не значит, что мы должны отказаться от применения антибиотиков. Но надо помнить, что применять их следует только и точно по предписанию врача.

АНТИГЕН И АНТИТЕЛО

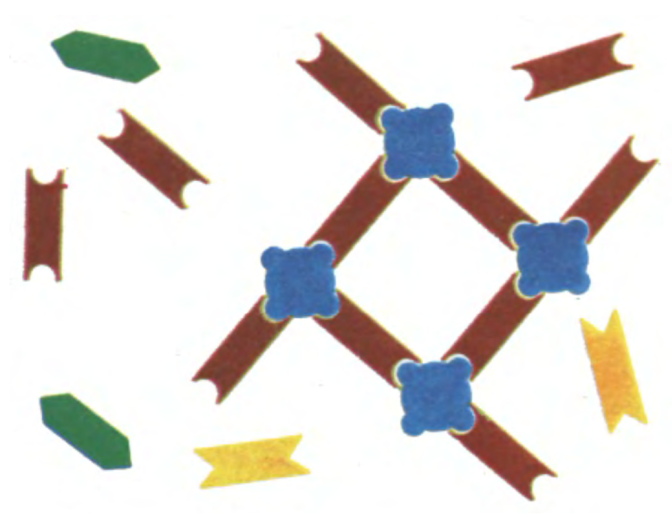
Из внешней среды на нас устремляется поток *вирусов*, микроорганизмов, *спор* растений и грибов, химических соединений. Некоторые из них могли бы принести немало вреда, если бы не действие защитных сил организма. Наиболее эффективно борется с пришельцами иммунная система (см. *Иммунитет*), но ее сложные механизмы приводятся в действие только при встрече с достаточно крупными молекулами (молекулярная масса не менее 10 000), обладающими сложной пространственной структурой. Такие молекулы могут входить в состав оболочек вирусов, *бактерий* или чужеродных *клеток* (например, в случаях переливания *крови* или пересадки органов); многие чужеродные молекулы выделяются бактериями, например дифтерийный токсин. Очень важно, что иммунная система не реагирует на молекулы собственного тела, а сходные с ними «чужие» вещества обнаруживает немедленно.

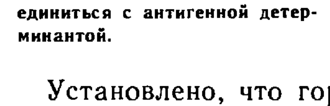
Чужеродные вещества, вызывающие иммунный ответ, называются антигенами. Иммунная система узнает антиген по характерным для него участкам молекулы — антигенным детерминантам. Против антигенов в организме вырабатываются антитела — *белки*, относящиеся к группе иммуноглобулинов. Часть молекулы антитела — активный центр— пространственно соответствует антигенной детерминанте и прочно связывается с ней. Поскольку активный центр подходит, как ключ к замку, только к одной детерминанте, антитела должны быть очень разнообразны, почти так же, как и антигены, которые могут попасть в организм. Предполагают, что число видов различных антител достигает 1—10 млн.

Самые распространенные из них — иммуноглобулины G (J_gG). На электронных микрофотографиях их молекула напоминает букву Y. Она состоит из двух одинаковых частей, которые в свою очередь содержат по две белковые цепи: тяжелую, более длинную, и легкую. На каждой половине молекулы расположен один активный центр.

Антитела синтезируются специальными клетками лимфоидной ткани — лимфоцитами. Каждый лимфоцит синтезирует только какой-нибудь один вид антител. В ответ на введение антигена в организме резко возрастает число лимфоцитов, синтезирующих подходящее антитело.

Так как у молекулы антитела не менее двух активных центров, антиген возможно собрать в сгустки, что останавливает его распространение. Это особенно важно в борьбе с бактериями. Скопления комплексов антиген — антитело затем удаляют «мусорщики» организ-





Молекулы антител (коричневые), связываясь с антигенными детерминантами сразу нескольких антигенов, способствуют образованию сгустка. Антитела другого типа (зеленые и желтые) не могут соединиться с антигенной детерминантой.

ма — макрофаги (см. *Фагоцитоз*). При переливании больному крови не его группы антитела склеивают в сгустки эритроциты донора, так как они несут незнакомые иммунной системе антигены. Это вызывает одно из серьезных осложнений.

Когда антиген попадает в организм вторично, антитела образуются более интенсивно и быстро. Такое явление называется иммунологической памятью. Она сохраняется длительное время. На проявлении иммунологической памяти основано действие прививок. Когда в организм вводят ослабленные формы бактерий и вирусов, неспособные вызвать заболевание, его «знакомят» с их антигенами, в организме происходит быстрое размножение лимфоцитов — антителообразующих клеток. После этого появление настоящих возбудителей болезни, несущих те же поверхностные антигены, будет встречено быстрым и мощным синтезом антител.

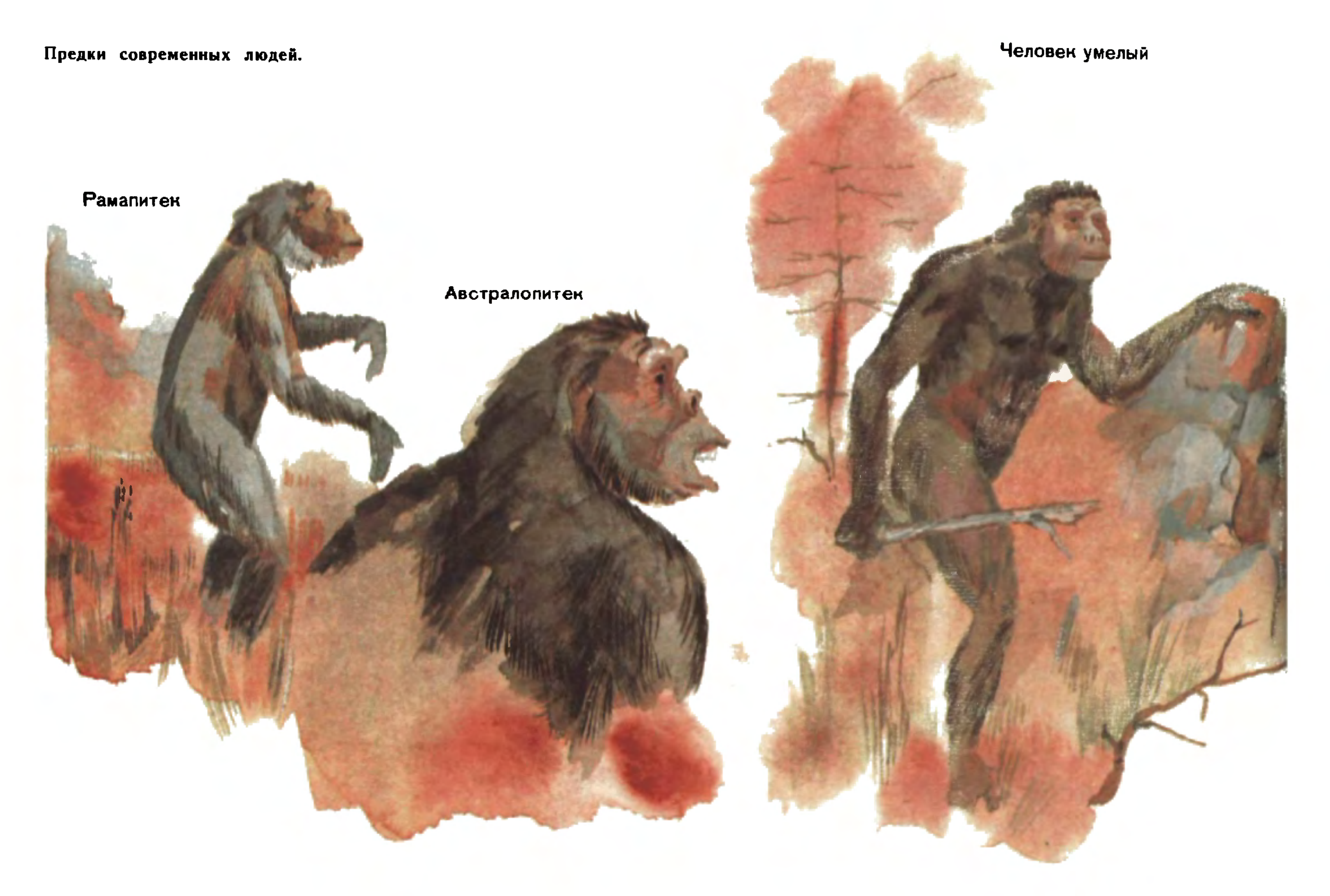
АНТРОПОГЕНЕЗ

Антропогенез (от греческих слов anthropos — человек и genesis — происхождение) — процесс происхождения и формирования человека. Известно, что человек произошел от обезьяны. Еще *Ч. Дарвин* отмечал близость человека к африканским человекообразным обезьянам — горилле и шимпанзе, причем подчеркивал, что они не наши предки, а, скорее, родные или двоюродные братья, сохранившие больше черт общего прародителя. Подсчитано, что у человека и гориллы 385 общих анатомических признаков, у человека и шимпанзе — 369, у человека и орангутана — 359. Но еще глубже это родство позволило оценить изучение *белков* и *нуклеиновых кислот* человека и обезьяны.

Установлено, что горилла и шимпанзе ближе к человеку, чем к орангутану и гиббонам Юго-Восточной Азии. Гориллу и шимпанзе сближают с человеком группы *крови* системы АВ0, антиген резус-фактор найден как у человека, так и у низшей обезьяны — макаки резус. В принципе кровь карликового шимпанзе — бонобо соответствующей группы можно переливать человеку. Нас роднят структуры гемоглобинов и многих других белков. Вероятно, не более 10 млн. лет раздельной *эволюции* лежит между человеком и шимпанзе. Особенно наглядны результаты исследования ДНК: у человека и шимпанзе 92% общих, сходных по первичной структуре *генов*, у человека и гиббона — 76%.

Роль древнейшего предка человека многие ученые отводили рамапитеку (от имени героя индийской мифологии Рамы и греческого слова pithekos — обезьяна). Его остатки были найдены у Сиваликских гор в Индии. Очень близкая форма — кениапитек — найдена в Кении (Африка). Жил он 14 млн. лет назад. Сходные остатки найдены в Венгрии, Турции и Греции. У рамапитеков были небольшие, похожие на человеческие клыки, да и форма челюсти близка к человеческой. Согласно другому мнению, рамапитеки близки лишь к человекообразным обезьянам и связаны с более древними дриопитеками, «древесными обезьянами», и сивапитеками, «обезьянами Шивы» (Шива — индуистский бог); линия, ведущая к человеку, отделилась раньше рамапитека, и настоящего предка человека еще предстоит найти. Кто из ученых прав, покажет будущее.

Гораздо ближе к человеку были австралопитеки, «южные обезьяны» (от латинского слова australis — южный). Их остатки впервые обнаружены южноафриканским ученым Р. Дартом в Южной Африке. Австралопитеки вышли из тропических лесов в саванны и стали передвигаться на задних конечностях, высвободив передние. Так возникла двуногая походка — один из основных признаков человека. Есть веские основания полагать, что она возникла потому, что руки австралопитеков были заняты орудиями — палками, необработанными камнями, челюстями, рогами и бедренными костями антилоп. Но австралопитеков нельзя считать людьми — объем их мозга не превышал 600 см^3, и орудия они не изготовляли, а использовали в качестве их случайные предметы. Ф. Энгельс указывал: «Ни одна обезьянья рука не изготовила когда-либо хотя бы самого грубого каменного ножа» (Маркс К., Энгельс Ф. Соч. т. 20, с. 486—487). Рубеж между человеком и обезьяной, по Энгельсу, — изготовление орудий, а не



использование в качестве их природных предметов.

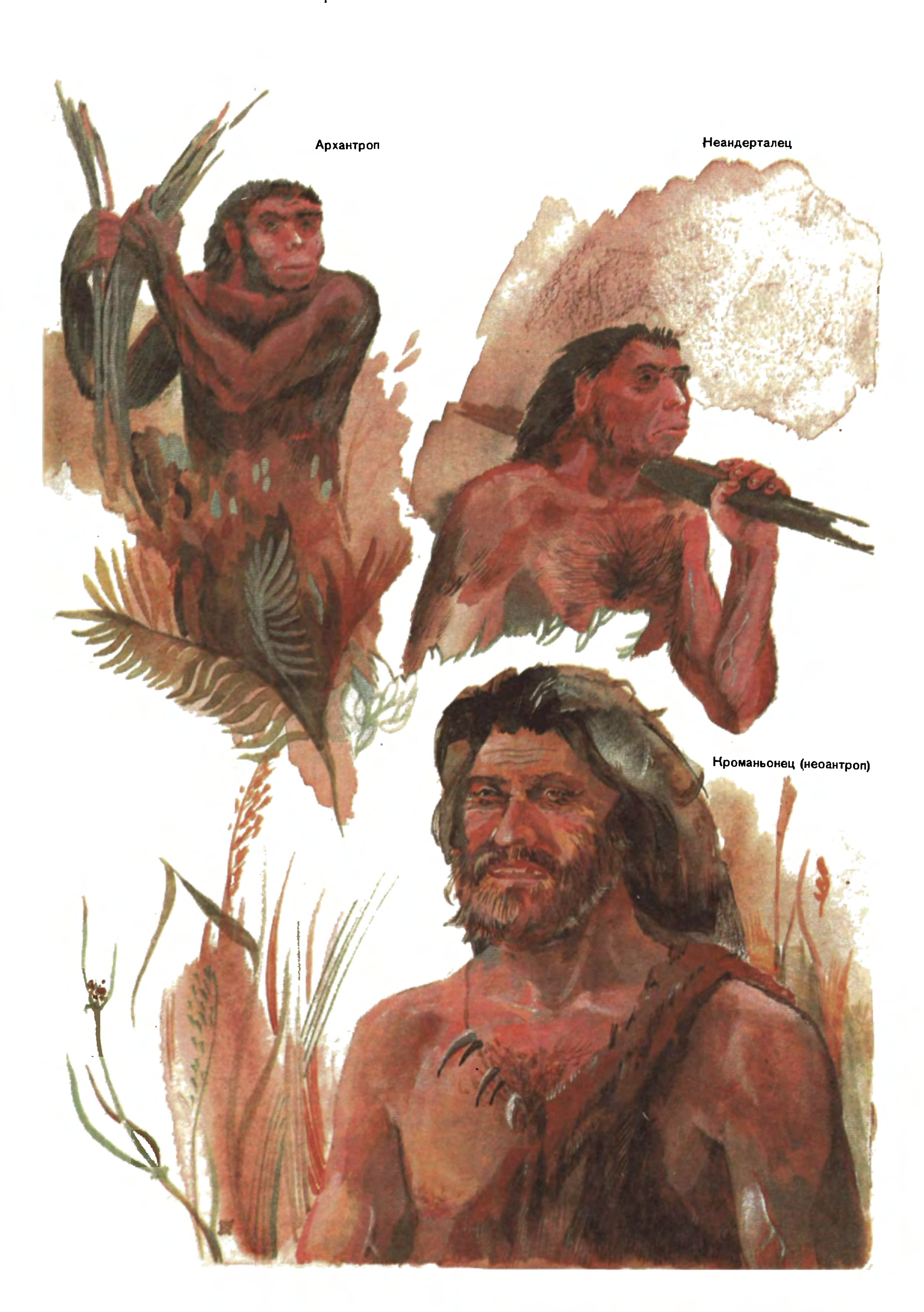
Ближе всего к человеку афарский австралопитек, найденный в 1973 г. в Эфиопии (местность Афар). Возраст его остатков — 3,5 млн. лет. Сходные остатки найдены в Танзании. Полагают, что именно от афарской формы отделилась линия, ведущая к человеку.

Важнейшее звено на этой линии Homo habilis — «человек умелый», остатки которого нашел в 1959—1960 гг. английский ученый Л. Лики в ущелье Олдовай (Танзания). Объем мозга «человека умелого» составлял 650—680 см^3, и он уже изготовлял орудия — грубо расколотые гальки и обломки лавы (так называемая олдовайская культура).

Возраст этих остатков около 2 млн. лет, но найдены изделия олдовайской культуры, по крайней мере, на 600 тыс. лет старше. У «человека умелого» кроме двуногой походки была уже близкая к человеческой кисть руки, способная к трудовым операциям. И хотя многие ученые относят его к австралопитекам, он уже подходит под определение Ф. Энгельса.

Миллион лет назад «человека умелого» сменили архантропы (от греческих слов archaios — древний и anthropos — человек) — «древнейшие люди», обезьянолюди. Первый из них — питекантроп был найден нидерландским ученым Э. Дюбуа на острове Ява. Впоследствии остатки близких форм были обнаружены в Китае (синантроп — «китайский человек»), в Африке (чадантроп, телантроп) и в Европе (мауэрантроп и др.). Мозг обезьянолюдей, которых относят к виду Homo erectus — «человек выпрямленный», был уже 900 см^3, они изготовляли более совершенные каменные орудия — рубила и чопперы (сечки), симметричные, с прямым режущим краем. Но внешне они были обезьяноподобны: имели мощный надглазничный валик, низкий лоб, на черепах их отсутствует подбородочный выступ.

Переходная форма между «человеком выпрямленным» и Homo sapiens, «человеком разумным», обнаружена в 1973 г. неподалеку от того же Олдовайского ущелья в слоях 500—600-тысячелетней давности. Более поздние остатки похожих форм и следы их трудовой и охотничьей деятельности найдены на юге Франции и в Испании. Вероятно, в это время в популяциях примитивных людей шел интенсивный отбор на способность к труду, умение добывать пищу с помощью все более совершенных каменных орудий. Переход от архантропов к человеку разумному был постепенным. На территории Европы обнаружены остатки промежуточных форм, например из Вертешсёлёш (Венгрия). Объем черепа их доходил до 1400 см^3 (350 тыс. лет назад). Еще древнее форма из пещеры Араго (Пиренеи) — 450—500 тыс. лет. Ближе к Homo sa-


Архантроп
Неандерталец
Кроманьонец (неоантроп)

piens формы из Сванскомба (Великобритания) и Штейнгейма (ФРГ) (200—250 тыс. лет). Они больше схожи с современными людьми, чем более поздние древние люди, из чего можно заключить, что процесс «сапиентизации», как его называют антропологи, был не прямолинейным.

Этот процесс завершился возникновением около 300 тыс. лет назад палеоантропов, «древних людей», которых теперь относят к тому же виду Homo sapiens, как и нас с вами. Чаще их называют неандертальцами — по месту первой находки позднего (около 70 тыс. лет) возраста (долина Неандерталь в ФРГ). Мозг неандертальцев не уступал по объему мозгу современных людей (1400 см^3 и более), но был более примитивен, со слаборазвитыми лобными долями. «Древние люди» создали довольно сложную «каменную индустрию» остроконечников и скребел. Они уже хоронили своих покойников, украшая могилы рогами горного козла и даже цветами; собирали в своих пещерах черепа пещерного медведя (начало культа медведя?), а там, где пещер нет (например, на Средиземноморском побережье Франции), строили настоящие дома. Однако и у них был более мощный, чем у нас, скелет, надглазничный валик и отсутствовал подбородочный выступ. Неандертальцы населяли Европу, Азию и Африку. Около 40 тыс. лет назад они были вытеснены или поглощены людьми современного типа. На этом *эволюция* человека практически закончилась, так как внутривидовая борьба и связанный с нею *естественный отбор* потеряли значение в человеческом обществе.

Таковы наиболее распространенные сейчас представления о происхождении человека. Но не все факты укладываются в эту стройную схему. Сын Л. Лики — Р. Лики обнаружил в 1972 г. в Кении, у озера Рудольф, череп и другие остатки существа, пока известные под номером 1470. Считали, что возраст их— свыше 2,8 млн. лет, но теперь снизили его до 2 млн. Там же были найдены и орудия олдовайской культуры. Самое поразительное даже не в том, что объем мозга этого существа (800 см^3) превышал объем мозга Homo habilis. Его череп более «человечен», чем черепа питекантропов и даже неандертальцев: полностью отсутствует надглазничный валик, и наружный рельеф черепа выражен гораздо слабее.

Р. Лики полагает, что от существа 1470 идет прямая линия к человеку современному, а все архантропы и палеоантропы — лишь слепые ветви, тупики антропогенеза. Однако вопрос этот спорный. Более вероятно, что его прогрессивные признаки (отсутствие надглазничного валика, высоколобость и т. д.) в дальнейшем под защитой доминантных генов Homo habilis, питекантропа и неандертальцев 3 млн. лет передавались из поколения в поколение, пока не проявились в популяциях современных людей. Но спор не закончен. Будущие находки могут существенно изменить наши взгляды. Однако ясно: эволюция ног, рук и мозга у предков человека не шла параллельно и согласованно. Сначала вместе с орудийной деятельностью возникла двуногая походка, затем усовершенствовалась кисть руки, и лишь затем быстрыми темпами стала идти эволюция мозга, сделавшая возможным возникновение человека разумного.

АППАРАТ ГОЛЬДЖИ

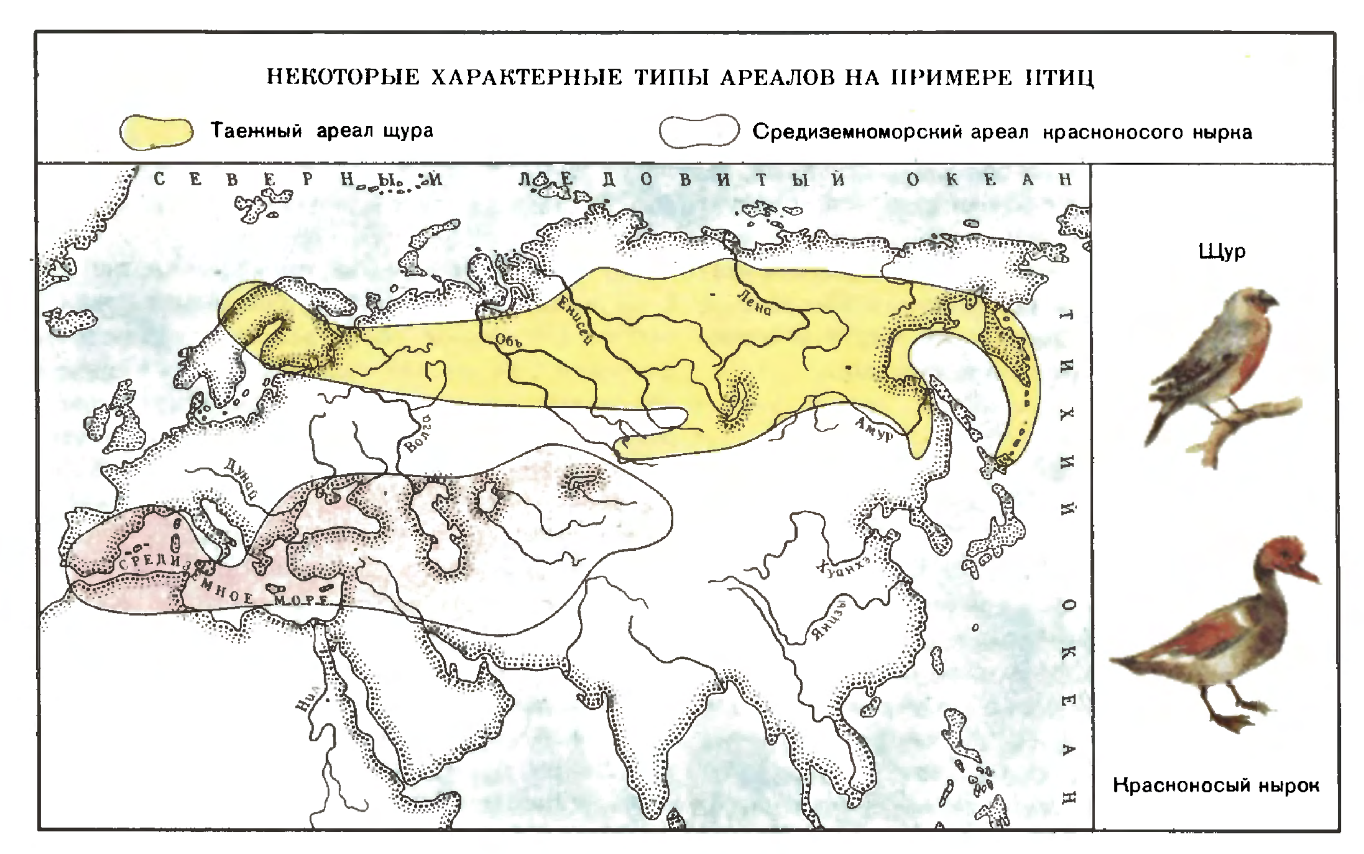
Клеточный органоид — аппарат, или комплекс, Гольджи — был назван так в честь открывшего его в 1898 г. итальянского ученого К. Гольджи. Сам ученый назвал этот органоид сетчатым аппаратом. Действительно, в световой микроскоп на препаратах *клеток*, окрашенных солями серебра или осмия, он выглядит как сеточка из толстых или тонких нитей. В разных типах клеток аппарат Гольджи занимает строго определенное положение.

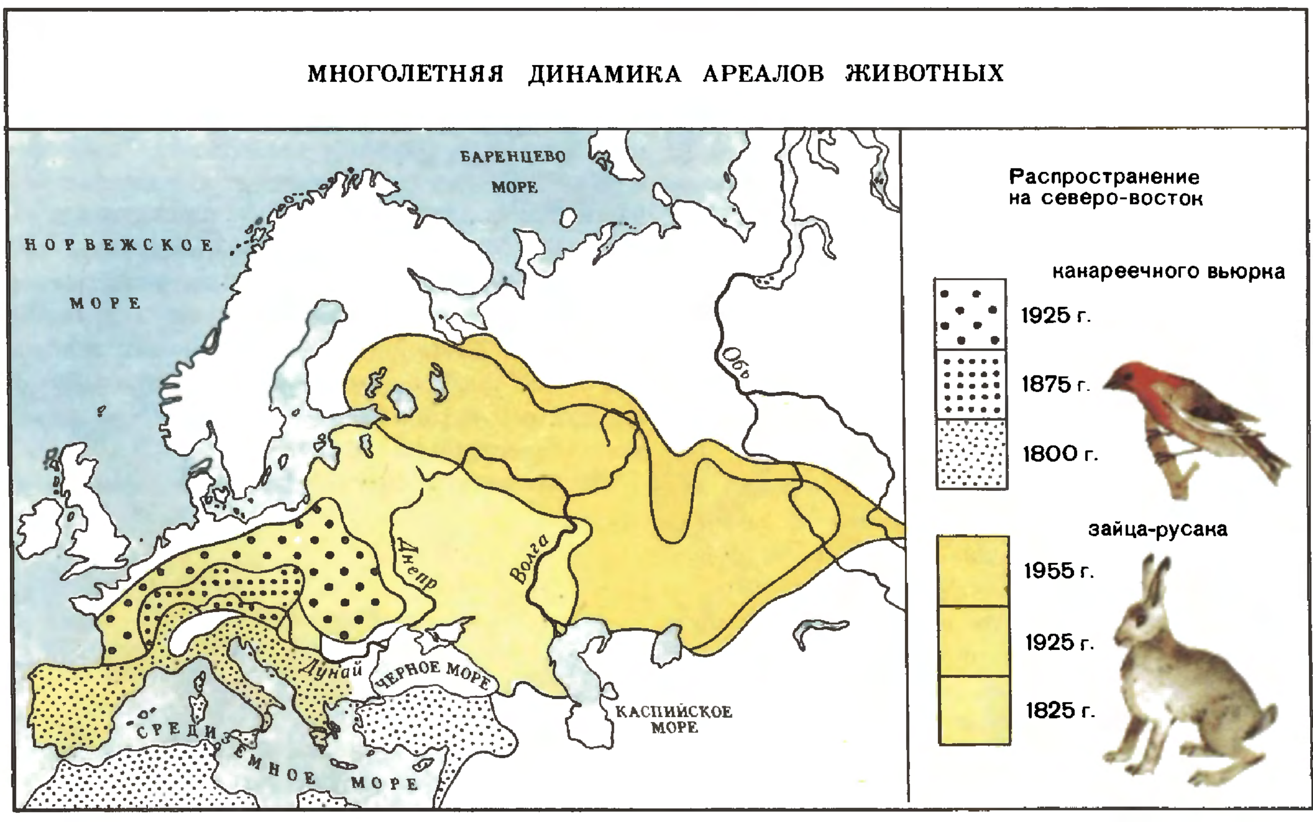
Аппарат Гольджи состоит из стопок уплощенных мембранных мешочков, или цистерн, похожих по форме на блюдца. Таких цистерн в стопке от 5 до 10. Отдельные цистерны одной стопки и соседних стопок могут быть соединены мембранными трубочками. Так образуется единая сеть из стопок мембранных мешочков.

В клетках растений, беспозвоночных и эмбриональных тканей позвоночных животных отдельные стопки аппарата Гольджи находятся на значительном расстоянии друг от друга. В световой микроскоп они выглядят как запятые, рассеянные по цитоплазме, их называют диктиосомами.

Функции аппарата Гольджи разнообразны. В его цистерны из гранулярной *эндоплазматической сети* поступают секретируемые *белки* (см. *Секреция*). Там они оформляются в секреторные гранулы, которые затем выводятся из клетки. В этом органоиде синтезируются полисахариды, которые затем соединяются с белками и образуют гликопротеиды. От цистерн аппарата Гольджи отщепляются мембранные пузырьки — *лизосомы*, содержащие гидролитические *ферменты*, которые защищают клетку от вредных веществ и микроорганизмов или принимают участие во внутриклеточном пищеварении.

В целом аппарат Гольджи можно считать перевалочным пунктом для веществ, поступающих в клетку и выходящих из нее. Но это не склад для временного хранения продуктов жизнедеятельности клетки, а место их активной переработки.





АРЕАЛ

Ареал (от латинского слова area — площадь, пространство) — область распространения в природе особей данного вида, рода или другой группы организмов (исключая места случайного заноса, залета, заплыва или захода).

Изучение ареалов приобрело особое значение в наше время, когда человек своей деятельностью меняет *биосферу* планеты и неизбежно влияет на распространение практически всех видов животных, растений, грибов и микроорганизмов. Часто сплошной прежде ареал какой-либо группы становится мозаичным или пятнистым, прерывистым из-за вымирания или вытеснения особей из районов, обживаемых человеком. Пятнистый или мозаичный ареал может возникнуть и из-за искусственного расселения с помощью человека какого-либо вида там, куда раньше этот вид сам по себе не мог попасть.

Ареал может быть ленточным (например, у организмов, распределенных по берегам морей, океанов или рек), циркумполярным (как у песца, распространенного на всех территориях вокруг Северного полюса), арктическим, тропическим, альпийским и т. д. (см. карту).

Важное свойство ареала — его подвижность, динамика: границы ареала всегда меняются, он может сокращаться или, наоборот, расширяться, как показано на карте «Многолетняя динамика ареалов животных».

АРОМОРФОЗ

Ароморфозом (от греческих слов airo — поднимаю и morphosis — образец, форма) *А. Н. Северцов* назвал такой путь *эволюции,* при котором приспособленность организмов к условиям среды достигается и расширяется путем резкого повышения уровня их организации. Это путь морфофизиологического прогресса, ведущий к возникновению организмов все более сложных и менее зависимых от условий внешней среды. Например, ароморфозами можно считать возникновение четырехкамерного сердца и теплокровности у птиц и млекопитающих (см. *Сердечно-сосудистая система).*

Один и тот же признак в одной группе организмов может считаться ароморфозом, а в другой — нет. Теплокровность наряду с *живорождением,* вскармливанием потомства молоком и высоким уровнем развития мозга для млекопитающих, несомненно, ароморфоз. Однако все эти признаки, кроме развития мозга, возникали и в других группах позвоночных: многие рыбы живородящие; голуби выкармливают птенцов выделениями зоба, по составу и вкусу близкими к молоку. Уровень их организации при этом не повышается.

Обычно ароморфозами называют такие эволюционные изменения, в результате которых возникали новые, более прогрессивные группы организмов (земноводные — из кистеперых рыб, пресмыкающиеся — из земноводных и т. д.). Прогрессивные изменения, однако, касаются не только формы — морфологии. Например, у примитивных хордовых — круглоротых (миноги) *пигмент крови* — гемоглобин состоит из одной молекулы белка глобина и одного гема (железосодержащей группировки, связывающей кислород), а у других, более сложно организованных животных, начиная с рыб, объединяются четыре таких сложных молекулы. Поэтому теперь прогресс связывают не только с морфологией и вместо ароморфоза часто употребляют термин «арогенез» (от греческих слов airo и genesis — происхождение).

АТАВИЗМ

Иногда у организмов появляются признаки, не свойственные им, но характерные для их далеких предков. Это явление назвали атавизмом (от латинского слова atavus — отдаленный предок).

Так, например, в цветке, имеющем нормально 5 тычинок (например, у первоцветов), развиваются 10 тычинок, свойственные предкам этих растений. У многих австралийских акаций возникают перистосложные листья, хотя обычно у них листовые пластинки совсем отсутствуют, а черешки преобразованы в плоские листоподобные образования — филлодии. Трехпалость лошадей — тоже атавизм: по бокам вполне развитого среднего пальца образуются два дополнительных, как это было у некоторых ископаемых лошадей (гиппарионов). У человека атавизм иногда проявляется в сильном развитии волосяного покрова по всему телу, в появлении хвостового придатка или нескольких пар грудных желёз.

Известно, что при зародышевом развитии повторяются в некоторой степени черты организации предков (см. *Биогенетический закон).* Так, у зародыша человека имеются жаберные щели. Однако в дальнейшем первая пара их преобразуется в полость среднего уха, а остальные три пары обычно зарастают. Задержка в развитии может привести к тому, что у взрослых людей сохранятся на всю жизнь признаки, которые обычно свойственны только зародышам: одна из этих щелей не зарастает и остается на всю жизнь отверстие на шее, ведущее в пищевод и напоминающее жаберные щели рыб и земноводных. Атавизмы доказывают историческое развитие организмов, иллюстрируют *филогенез.*

От атавизмов следует отличать *рудименты.*

АЭРОБЫ

Аэробы (от греческих слов aer — воздух и bios — жизнь) — организмы, способные жить и развиваться только при наличии свободного кислорода. Энергию для жизнедеятельности аэробы получают за счет окисления с поглощением свободного кислорода (см. *Биологическое окисление).* К аэробам относятся большинство животных и растений, многие микроорганизмы. Поглощение кислорода может осуществляться либо всей поверхностью тела, либо специальными органами *дыхания.* Среди *бактерий* есть условные аэробы, которые могут использовать энергию от реакций *брожения* и жить как при больших, так и при очень незначительных количествах кислорода.

Б

БАКТЕРИИ

Бактерии (от греческого слова bacterion — палочка) — микроорганизмы. В системе организмов их относят к надцарству *прокариот* (некоторые систематики прокариот разделяют на два самостоятельных надцарства — настоящих бактерий (эубактерий) и архебактерий).

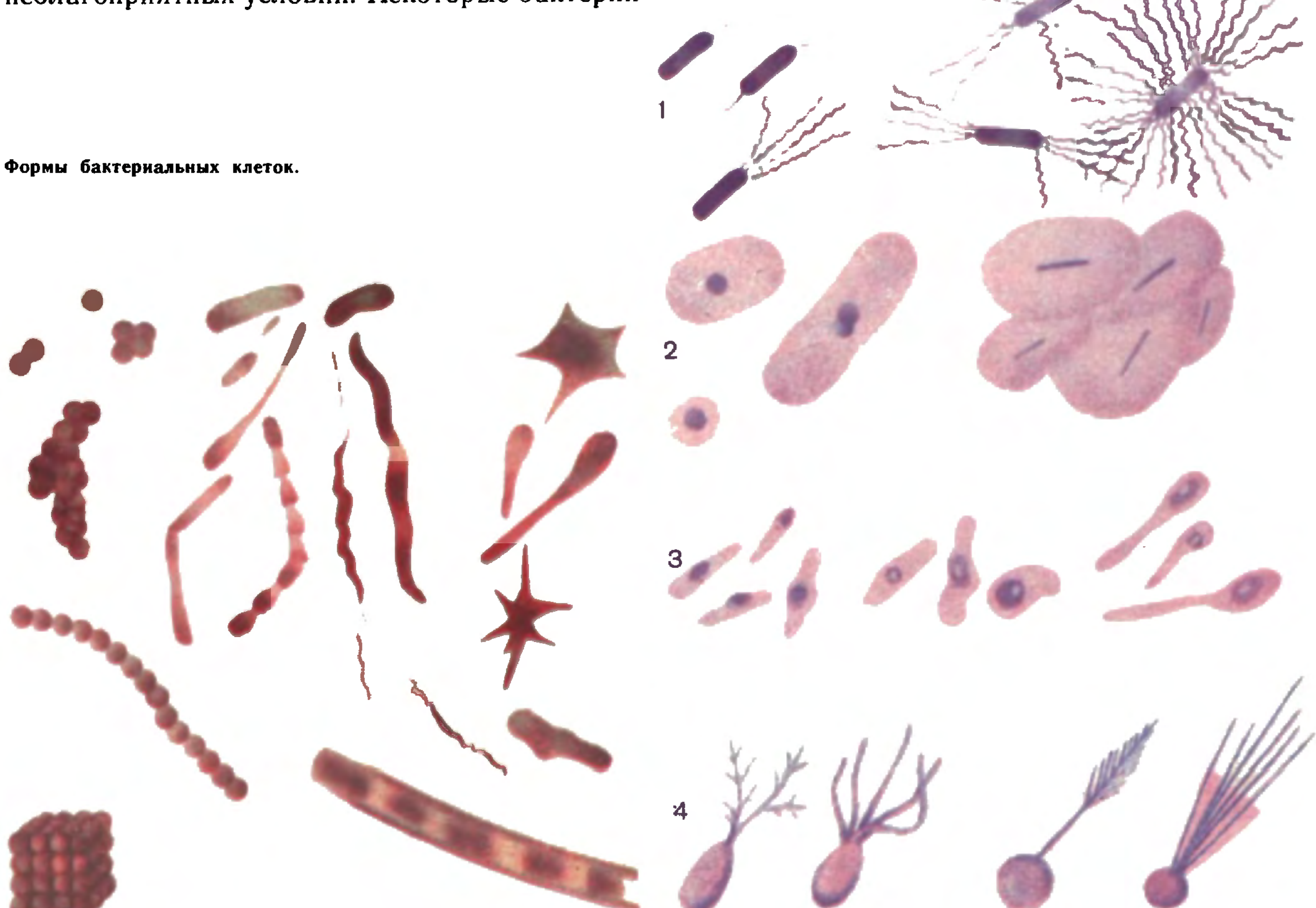
Бактерии могут иметь палочковидную (бациллы), шаровидную (кокки) и спиралевидную (спириллы, вибрионы, спирохеты) форму. Реже встречаются формы звездно- и кольцеобразные, бактерии почкующиеся, имеющие выросты и др. Бактерии бывают неподвижными, но могут и двигаться с помощью жгутиков. В основе одного из способов классификации бактерий лежит строение их клеточной стенки. Бактерии делятся на грамположительные, грамотрицательные (по-разному воспринимающие окраску и имеющие разные состав и толщину клеточной стенки), микоплазмы (без клеточной стенки) и архебактерии (имеющие клеточную стенку иного строения).

Размеры бактерий — от 0,2 мкм до 100 мкм.

В клетках спорообразующих бактерий формируется *спора*, служащая для переживания неблагоприятных условий. Некоторые бактерии имеют снаружи клеточной стенки капсулу, состоящую из полисахаридов (см. *Углеводы*) и *пептидов*. Она предохраняет бактериальные клетки от неблагоприятных условий. На поверхности бактерий, обитающих в кишечном тракте и в почве, имеются многочисленные выросты — пили. С их помощью бактериальные клетки прикрепляются к поверхности субстрата, а отдельные пили участвуют в передаче генетической информации.

Клетка бактерии не разделена *мембранами* на внутренние отделы и не имеет оформленного *ядра, митохондрий* и *пластид*. По общему плану строения бактерии аналогичны низшим *эукариотам*, что дает основание предположить общие законы развития для эукариот и прокариот.

Свойства бактерий, как и любых других организмов, определяются набором присущих им *генов*. Вместо клеточного ядра у них имеется его эквивалент — нуклеоид, лишенный оболочки и состоящий из одной *хромосомы*, образованной кольцевой молекулой ДНК. Кроме того, бактерии могут содержать кольцевую ДНК в виде маленьких участков молекулы — *плазмид*, сходных с неядерными ДНК эукариот. С помощью плазмид может переда-



Строение бактерий: *1* **— типы жгутиков;** *2* **— капсулы;** *3* **— споры;** *4* **— выросты на спорах анаэробных бактерий.**

Формы бактериальных клеток.

ваться генетическая информация от одной клетки к другой.

Деление бактерий осуществляется поперечной перетяжкой. При этом ДНК удваивается в материнской клетке, и обе делящиеся клетки получают идентичные копии генетического материала. Бактериальные клетки всегда гаплоидны. Деления в благоприятных условиях повторяются достаточно часто, и тогда бактерии размножаются быстро.

По физиологическому разнообразию бактерии превосходят все известные биологические формы. Они получают энергию за счет *биологического окисления* неорганических соединений (хемотрофы) или солнечного света (фототрофы). В зависимости от природы окисляемого соединения, используемого в *обмене веществ,* группы бактерий делят на органотрофы (энергетический источник — органическое вещество), литотрофы (получающие энергию за счет окисления неорганического вещества).

Бактерии — космополиты, т. е. одни и те же виды можно найти на всех материках. Развиваясь в различных экологических условиях, бактерии приспособились к ним. Они распространены повсюду — в почве, воде, воздухе. Например, в 30-сантиметровом слое почвы на площади 1 га содержится от 1,5 до 15 — 40 т микроорганизмов. Многие из них могут существовать в экстремальных условиях, в которых другие организмы не выживают: в глубоком вакууме, при температуре до +90°С, в растворах кислот, в насыщенном растворе хлористого натрия.

Бактерии играют важнейшую роль в процессах, происходящих в природе. От их жизнедеятельности зависит постоянство газового состава атмосферы. Бактерии активно участвуют в минерализации органических соединений, образуя необходимые для растений питательные вещества; гнилостные бактерии разлагают *белок* с образованием аммиака, окисляемого нитрифицирующими бактериями до нитритов, а уже другими формами до нитратов и свободного азота. Велика роль бактерий в *азотфиксации.* В круговороте серы одни виды окисляют сульфиды или серу до серной кислоты, другие — восстанавливают сульфаты до сероводорода. Бактерии участвуют также в

АНТОНИ ВАН ЛЕВЕНГУК (1632—1723)



1683 год можно считать годом рождения науки о микроорганизмах — микробиологии. В этот год в голландском городе Делфте Антони ван Левенгук впервые увидел *бактерии,* о чем сообщил письмом в самое авторитетное научное учреждение того времени — Лондонское королевское общество. С 1680 г. Левенгук стал членом этого общества, в которое принимали только выдающихся ученых. Левенгук же не был профессиональным ученым, а занимался торговлей мануфактурой. Он не получил образования и достиг выдающихся успехов только благодаря своему таланту и необыкновенному трудолюбию.

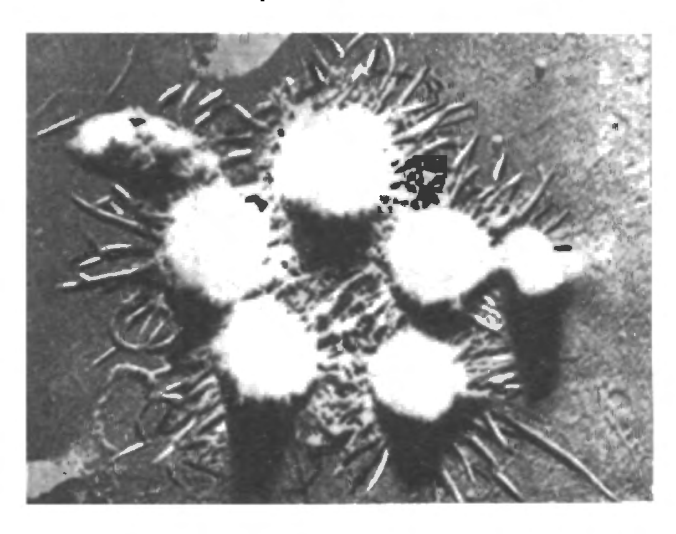
Почти 60 лет Левенгук присылал в Лондонское королевское общество письма, рассказывая в них о своих удивительных открытиях. Письма печатались в научных журналах, впоследствии 170 из них были изданы на латинском языке отдельной книгой под названием «Тайны природы, открытые Антонием Левенгуком при помощи микроскопа».

Левенгук — основоположник научной микроскопии не только в области микробиологии, но также и в анатомии и зоологии. Он первый заметил, что кровь движется в мельчайших кровеносных сосудах — капиллярах, а сама кровь — живой поток, в котором движутся множество мельчайших телец. Он впервые наблюдал и зарисовал отдельные растительные и животные клетки, яйца и зародыши, мышечную ткань и многие другие ткани и органы более чем 200 видов растений и животных. Но самое важное — открытие им мира микроорганизмов. Эти наблюдения были сделаны благодаря оптическим приборам, которые Левенгук изготовлял собственноручно.

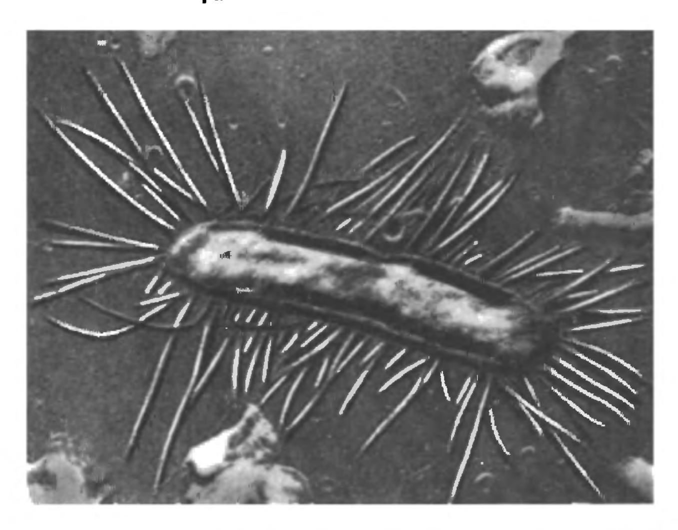
Еще в молодости Левенгук научился делать увеличительные стекла, увлекся этим и достиг большого мастерства. Он создал первый «микроскоп». Это по существу очень сильная лупа, с увеличением в 150—300 раз. Такие увеличительные стекла в то время были совершенно неизвестны. Лупы Левенгука были малы — с крупную горошину, пользоваться ими было трудно. Однако наблюдения Левенгука отличались большой точностью. К своему сообщению об открытии микроорганизмов он приложил рисунки, в которых легко можно узнать различные формы бактерий.

С открытием Левенгука ознакомился Петр I; во время пребывания в Голландии он пригласил к себе ученого и тот продемонстрировал русскому царю свои наблюдения и опыты. Петр I привез в Россию микроскоп Левенгука, а позднее были изготовлены первые отечественные микроскопы.

Шаровидные бактерии — кокки. Увеличение в 12 тыс. раз.



Палочковидная бактерия. Увеличение в 15 тыс. раз.



круговороте железа, фосфора, кальция, кремния.

Среди бактерий много возбудителей заболеваний человека, животных и растений. Для борьбы с ними применяются различные средства.

Бактерии широко используются в народном хозяйстве: для выщелачивания металлов из руд, получения различных органических веществ — спиртов, кетонов и др. Они способны синтезировать многие *биологически активные вещества — антибиотики, витамины, ферменты, аминокислоты* — и с этой целью применяются в современной *биотехнологии.*

Молочнокислые бактерии используют для приготовления кисломолочных продуктов и т. д. Все более возрастает значение бактерий как источников пищевого и кормового белка, а также энергетических продуктов — метана, водорода.

Бактерии служат модельным объектом при изучении общих вопросов генетики, биохимии, биофизики и других биологических наук. Изучает бактерии бактериология.

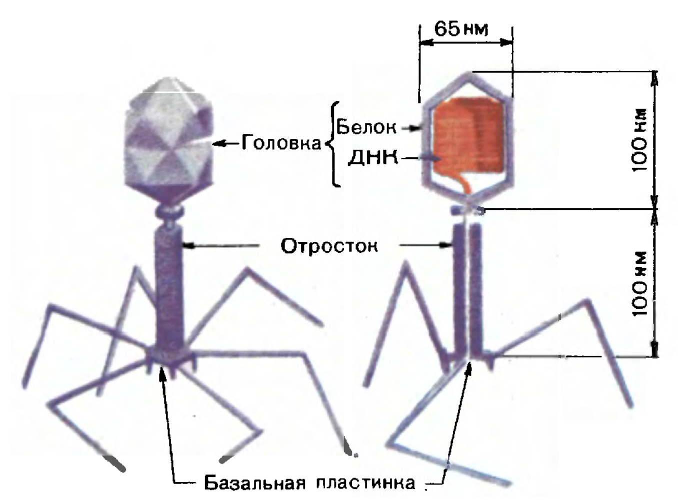
БАКТЕРИОФАГ

Бактериофаги, или фаги (от греческого слова phagos — пожиратель), — это *вирусы бактерий.* Среди культивируемых в лабораториях бактерий вряд ли можно найти такие, фаги которых еще не обнаружены. Самые крупные бактериофаги — Т-четные фаги кишечной палочки представляют собой сложно устроенные частицы размером 200 нм, они имеют хорошо различимые в электронный микроскоп головку, хвостовой отросток и нити, прикрепленные к пластинке на конце отростка (см. рис.). Самые мелкие — сферические фаги кишечной палочки, диаметр которых равен 25 нм. Нитчатые фаги могут достигать 1 мкм в длину при диаметре 6 нм. В состав частицы бактериофагов входит *нуклеиновая кислота* (одно- или двухцепочечная ДНК или РНК) и молекулы *белка* одного или нескольких типов.

Мы еще мало знаем о том, как происходит заражение бактерии фагом. Лучше всего этот процесс был изучен у фага Т4. При столкновении с клеткой кишечной палочки бактериофаг с помощью нитей прикрепляется к ее поверхности, причем к одной бактерии может одновременно прикрепиться до нескольких сотен фагов. Прикрепление вызывает изменение структуры хвостового отростка. Из пластинки, находящейся на его конце, выделяется лизоцим — *фермент,* растворяющий клеточную стенку, и происходит сокращение чехла, при котором ДНК фага впрыскивается, как из шприца, в клетку, а пустая белковая оболочка остается прикрепленной снаружи.

В клетке начинается репликация и *транскрипция* фаговой ДНК, которая содержит *гены,* определяющие синтез белков оболочки фага и сборку частицы. При этом синтез *биополимеров* бактерии полностью прекращается, и ресурсы клетки служат только для воспроиз-

Схема строения бактериофага Т4. В головке упакована ДНК. На конце отростка находится базальная пластинка с нитями, которые служат для прикрепления фага к бактерии.

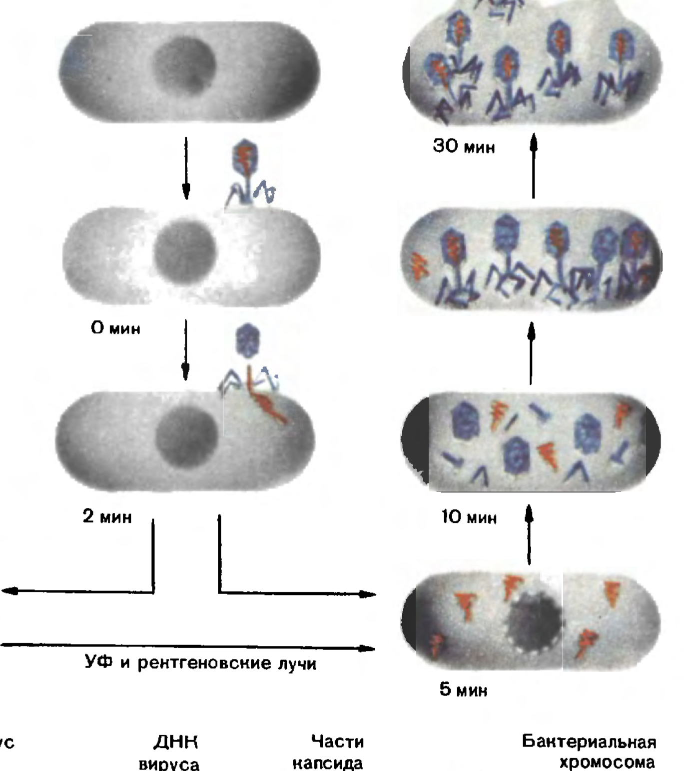


ведения фаговых частиц. Через 25—30 мин после заражения клетки под действием новосинтезированных ферментов фага происходит разрушение (лизис) клетки, и из нее освобождается до 100 частиц фага.

Но не все фаги вызывают лизис клетки после заражения. Так называемые умеренные бактериофаги способны долгое время существовать в клетке, не вызывая ее разрушения.

Жизненный цикл бактериофага. С помощью нитей вирус прикрепляется к клетке бактерии. Отросток фага сокращается, и ДНК вируса впрыскивается в клетку. Затем начинается интенсивный синтез макромолекул фага и происходит сборка вирионов, которые выходят из клетки, разрушая ее. В некоторых случаях вирусная ДНК встраивается в геном бактерии без размножения и разрушения самой бактериальной клетки (лизогения).





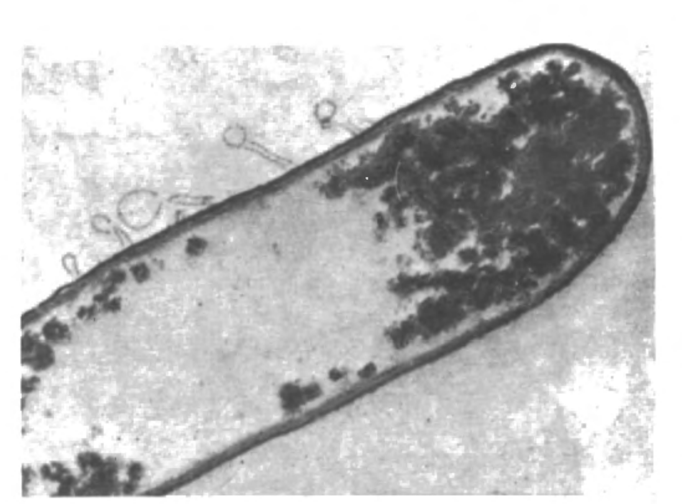
ДНК этих бактериофагов может встраиваться в бактериальную *хромосому* и передаваться при делении клетки как часть *генома* бактерии. Однако под влиянием неблагоприятных воздействий внешней среды, например излучения, высоких температур, обработки некоторыми химическими соединениями, происходит выщепление фага, его размножение и лизис клетки. Нитчатые фаги, например, также используют клеточные механизмы репликации, транскрипции и *трансляции* для размножения, но они покидают клетку, не разрушая ее.

В *генной инженерии* бактериофаги используются для переноса генетического материала, т. е. в качестве векторов.

Фаги поражают бактерии, в том числе и болезнетворные для человека. Это значит, что они наши союзники в борьбе со многими болезнями, вызываемыми бактериями: чумой, брюшным тифом, дизентерией, холерой. Быстро расправляются они со своими ближайшими соседями по микромиру. Бактериофаги применяют для предупреждения и лечения многих инфекционных заболеваний, но, к сожалению, в организме человека вирусы действуют на бактерии не так активно, как в пробирке. Бактерии часто быстро приспосабливаются к фагам и становятся устойчивыми к их действию.

Фаги с успехом используют для распознавания бактерии: каждый вид бактерий поражается только определенным для него видом вируса.

Генетический материал бактериофага проник внутрь бактерии, а капсиды (оболочки вируса), прикрепленные к бактериальной стенке, остались пустыми. Увеличение в 60 тыс. раз.



БЕЛКИ

В составе ныне живущих на Земле организмов содержится около тысячи миллиардов тонн белков. Отличаясь неисчерпаемым разнообразием структуры, которая в то же время строго специфична для каждого из них, белки создают вместе с *нуклеиновыми кислотами* материальную основу для существования всего богатства организмов окружающего нас мира.

Белкам свойственна способность к внутри-

молекулярным взаимодействиям, поэтому так динамична структура и изменчива форма белковых молекул. Белки вступают во взаимодействие с самыми различными веществами. Объединяясь друг с другом или с нуклеиновыми кислотами, полисахаридами (см. *Углеводы*) и *липидами*, они образуют *рибосомы, митохондрии, лизосомы, мембраны эндоплазматической сети* и другие субклеточные структуры, в которых благодаря пространственной организации белков и свойственной ряду из них ферментативной активности осуществляются многообразные процессы *обмена веществ*. Поэтому именно белки играют выдающуюся роль в явлениях жизни.

По своей химической природе белки являются гетерополимерами (от греческого слова heteros — другой, разный) протеиногенных *аминокислот*. Их молекулы имеют вид длинных цепей, которые состоят из аминокислот, соединенных пептидными (-CO-NH-) связями (см *Пептиды*):

$$H_2N-\underset{R'}{CH}-CO[-NH-\underset{R}{CH}-CO]_n-NH-\underset{R''}{CH}-COOH$$

N-концевая аминокислота (начало полипептидной цепи) — C-концевая аминокислота (конец полипептидной цепи)

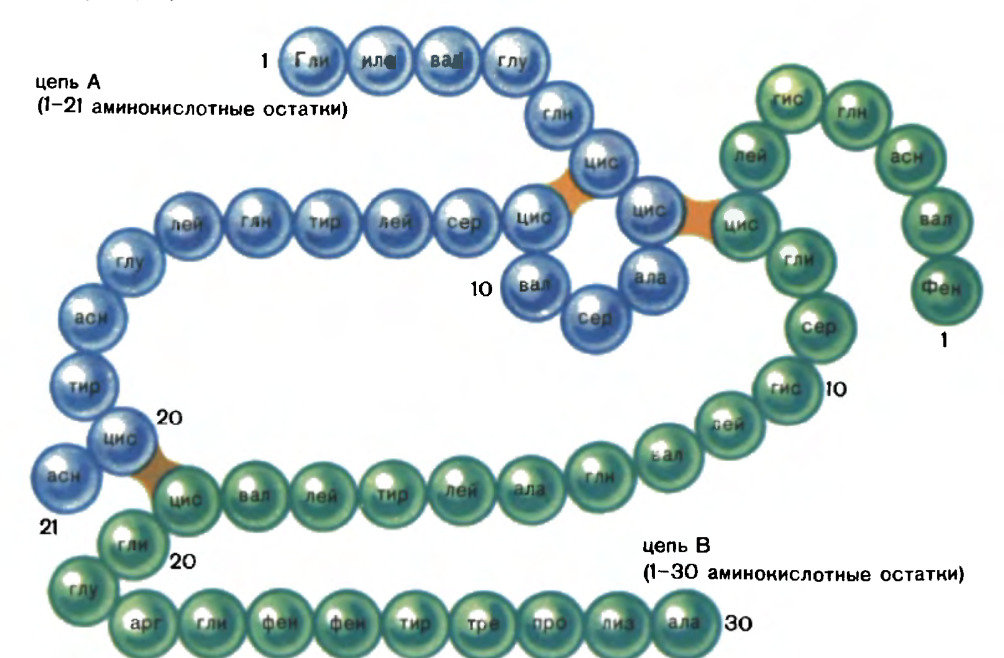


Рис. 1. Первичная структура белка инсулина. Оранжевым цветом показано положение дисульфидных мостиков (расшифровку трехбуквенных условных обозначений аминокислотных остатков см. в ст. «Аминокислоты»). На рисунке приведена первичная структура субъединицы молекулы инсулина с молекулярной массой 6000 дальтон. Шесть таких субъединиц, соединенных попарно, составляют полную молекулу инсулина (M = 36000 дальтон). И субъединицы, и полная молекула обладают биологической, т. е. гормональной, активностью.

вые она была решена английским ученым Ф. Сангером и его сотрудниками в 1945—1956 гг. Они установили первичную структуру *гормона* инсулина — белка, вырабатываемого поджелудочной железой (рис. 1). За это Ф. Сангеру в 1958 г. была присуждена Нобелевская премия.

В настоящее время первичная структура выявлена примерно у 2 тыс. белков. У инсулина, рибонуклеазы (*фермента*, ускоряющего гидролиз рибонуклеиновых кислот), лизоцима (фермента, ускоряющего лизис, т. е. разрушение клеточной стенки *бактерий*) и гормона роста она подтверждена путем химического синтеза. В СССР под руководством академика Ю. А. Овчинникова изучено чередование 1407 аминокислотных остатков в одной из самых длинных природных полипептидных цепей — β-субъединице ДНК-зависимой РНК-полимеразы (об РНК-полимеразе см. *Транскрипция*).

Отдельные фрагменты полипептидной цепи в белковой молекуле либо существуют в виде α-спиралей, либо, располагаясь бок о бок и сочетаясь водородными связями, они образуют слои, называемые β-структурой, либо остаются в линейном состоянии. Перечисленные конфигурации полипептидной цепи составляют элементы вторичной структуры белковой молекулы (рис. 2), а их компоновка в пространстве — ее третичную структуру (рис. 4). Когда несколько полипептидных цепей, имеющих определенную третичную структуру, объединяются в единую белковую молекулу, которая приобретает при этом биологическую активность, она характеризуется как четвертичная структура (рис. 5).

В самых маленьких полипептидных цепях белков около 50 аминокислотных остатков, в самых больших — около 1500. А ведь часто белковые молекулы состоят не из одной, а из нескольких полипептидных цепей. Поэтому молекулярные массы белков огромны. Они колеблются от 5 тыс. до нескольких миллионов дальтон. Однако молекулярные массы отдельных полипептидных цепей редко превышают 150 тыс. дальтон.

Одной из трудных задач химии белков была расшифровка последовательности аминокислотных остатков в полипептидной цепи, т. е. первичной структуры белковой молекулы. Впервые она была решена английским ученым Ф. Сангером...

Изучение структур белковой молекулы — дело тонкое и трудоемкое. Оно осуществляется методом рентгеноструктурного анализа белковых кристаллов, специально приготовленных для этой цели. В настоящее время около 200

Рис. 2. Вторичная структура белков: *а* —модель и схема (*справа*) α-спирали; на модели пунктиром обозначены водородные связи между CO- и NH-группами, расположенными на соседних витках спирали; атомы водорода показаны в виде желтых шариков. На схеме α-спирали опущены все радикалы и показан ход хребта полипептидной цепи соответственно таковому в модели; шаг спирали (расстояние между витками) равен 0,54 нм, угол восхождения спирали составляет 26°, на один виток спирали приходится 3,6 аминокислотного остатка, каждый из которых занимает по высоте 0,15 нм. В природных белках α-спираль является правозакрученной, плотно упакованной, так что все пространство внутри мыслимого цилиндра, в котором идет образование α-спирали, заполнено. Аминокислотные радикалы (R) направлены всегда наружу и немного отклонены к началу полипептидной цепи.
б — схема возникновения β-структуры; пунктиром обозначены водородные связи между CO- и NH-группами расположенных бок о бок полипептидных цепей. Водородные связи удерживают участки полипептидных цепей друг возле друга, в результате чего возникают слоистые β-структуры.

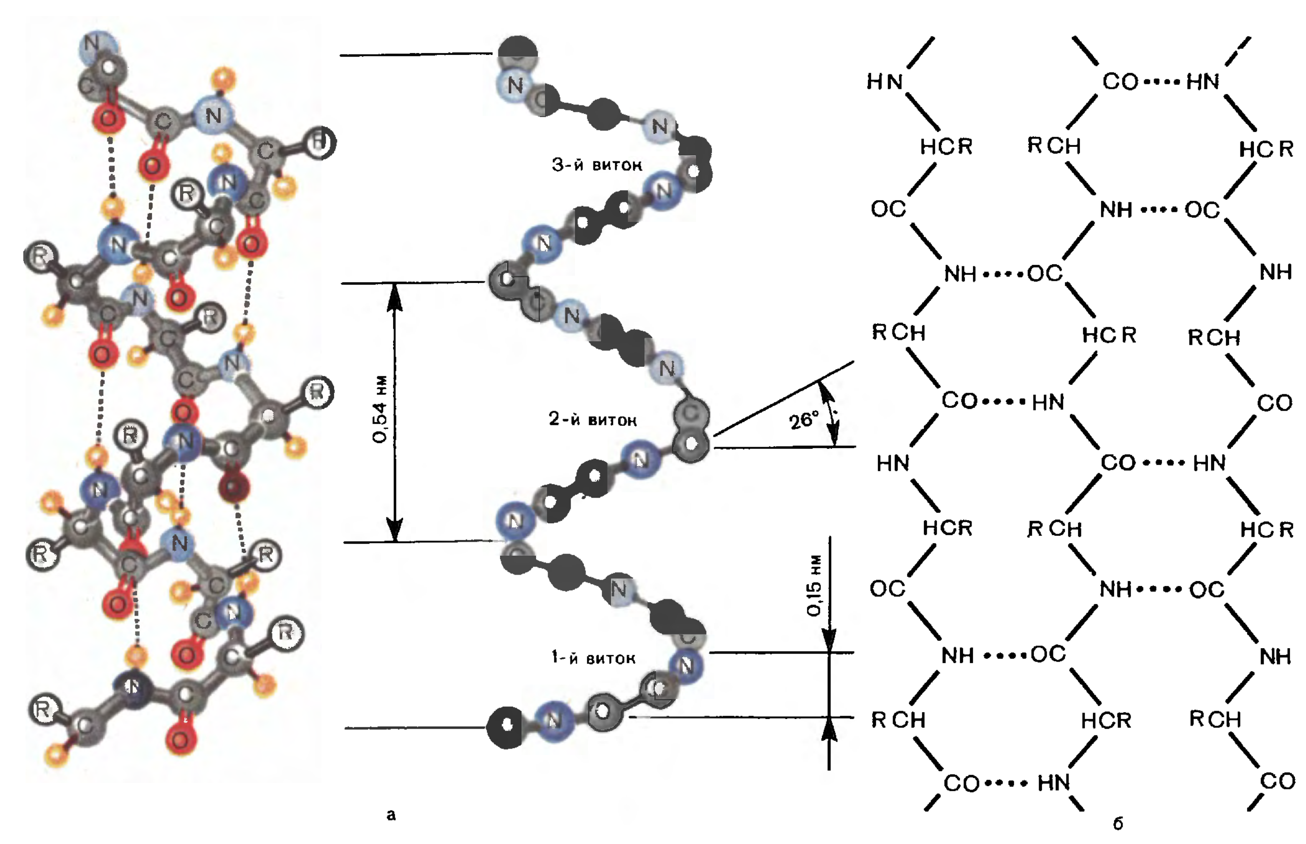
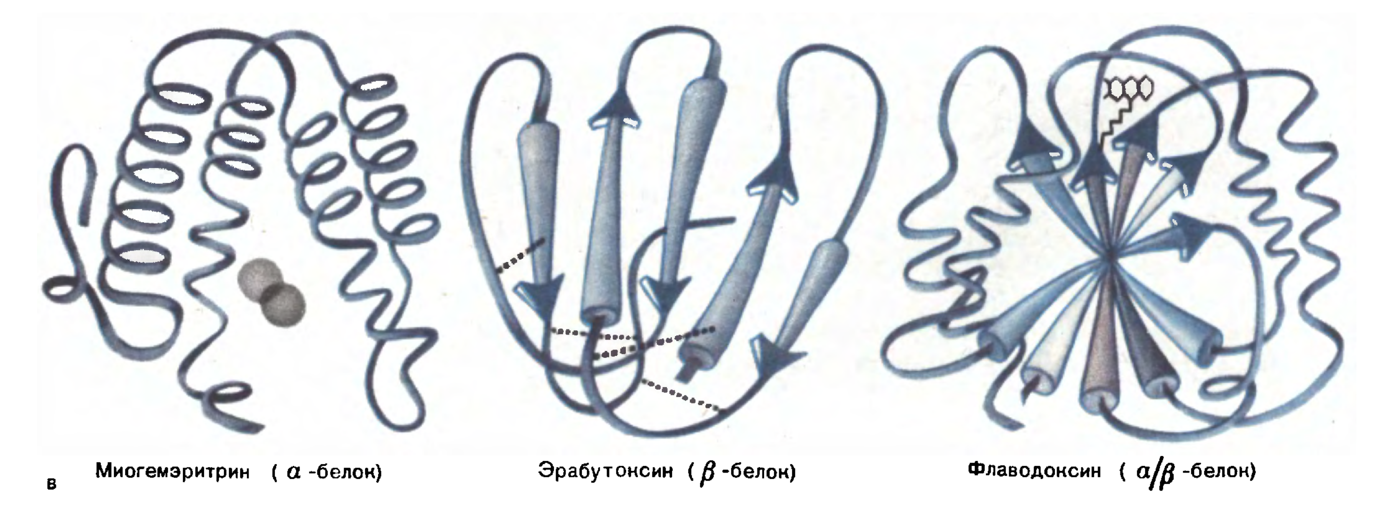


Рис. 3. Примеры белков, построенных только из α-спиралей (миогемэритрин), только из β-структур (эрабутоксин) и из α-спиралей и β-структур одновременно (флаводоксин). Миогемэритрин — железосодержащий белок, связывающий молекулярный кислород (2 атома железа показаны кружками, расположенными между двоиными α-спиралями). Эрабутоксин — белок, парализующий нервную систему, выделенный из яда морской змеи; β-структуры в нем показаны стрелками. Флаводоксин α/β-белок, выполняющий роль переносчиков атомов водорода.



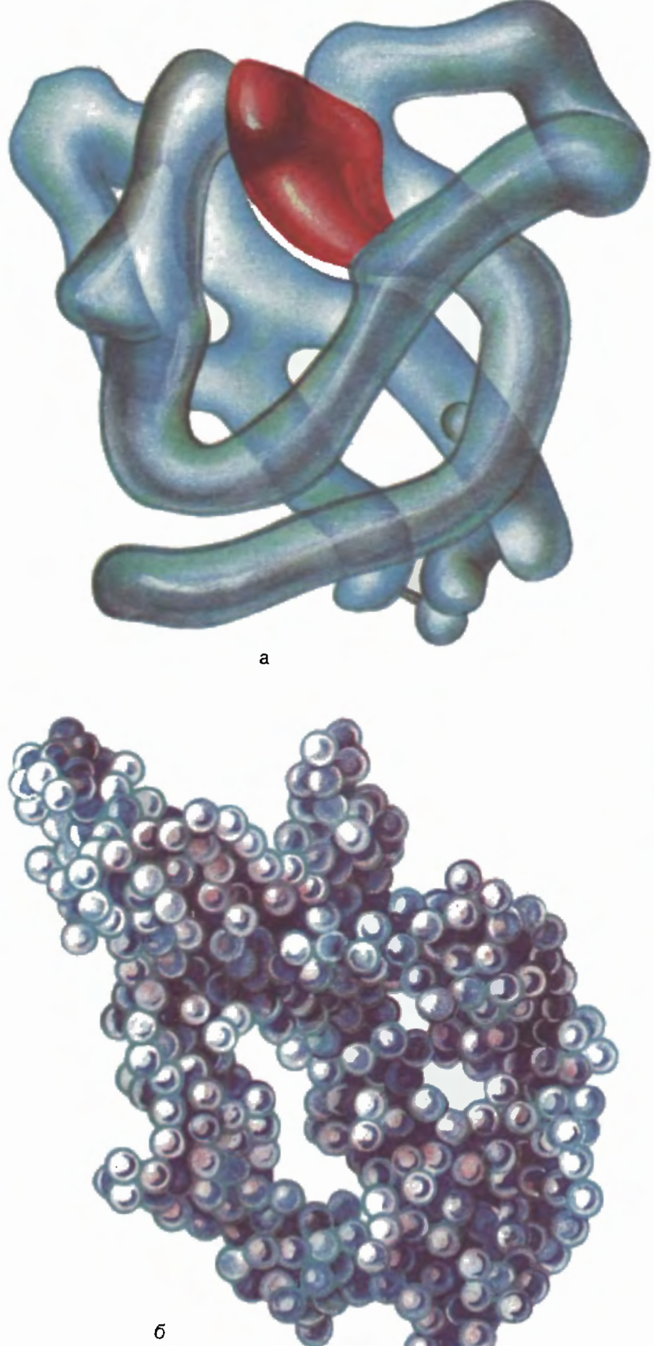
в Миогемэритрин (α-белок) Эрабутоксин (β-белок) Флаводоксин (α/β-белок)

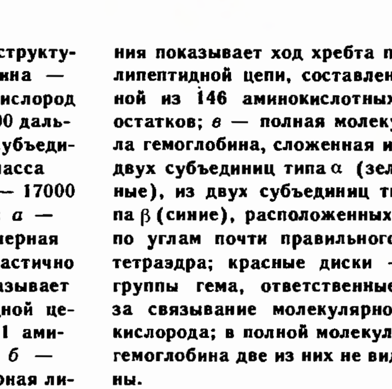
белков охарактеризованы по третичной структуре. Известно также, что несколько сотен белков обладают четвертичной структурой, но конкретных данных о пространственной компоновке полипептидных цепей в их составе пока еще немного.

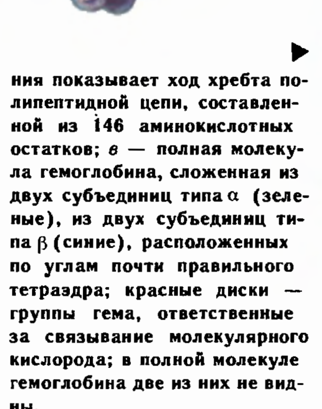
Огромный интерес представляет изучение не только структуры, но и роли белков в процессах жизнедеятельности. Многие из них обладают защитными (иммуноглобулины) и токсическими (яды змей, холерный, дифтерийный и столбнячный токсины, энтеротоксин В из стафилококка, токсин ботулизма) свойствами, важными для медицинских целей.

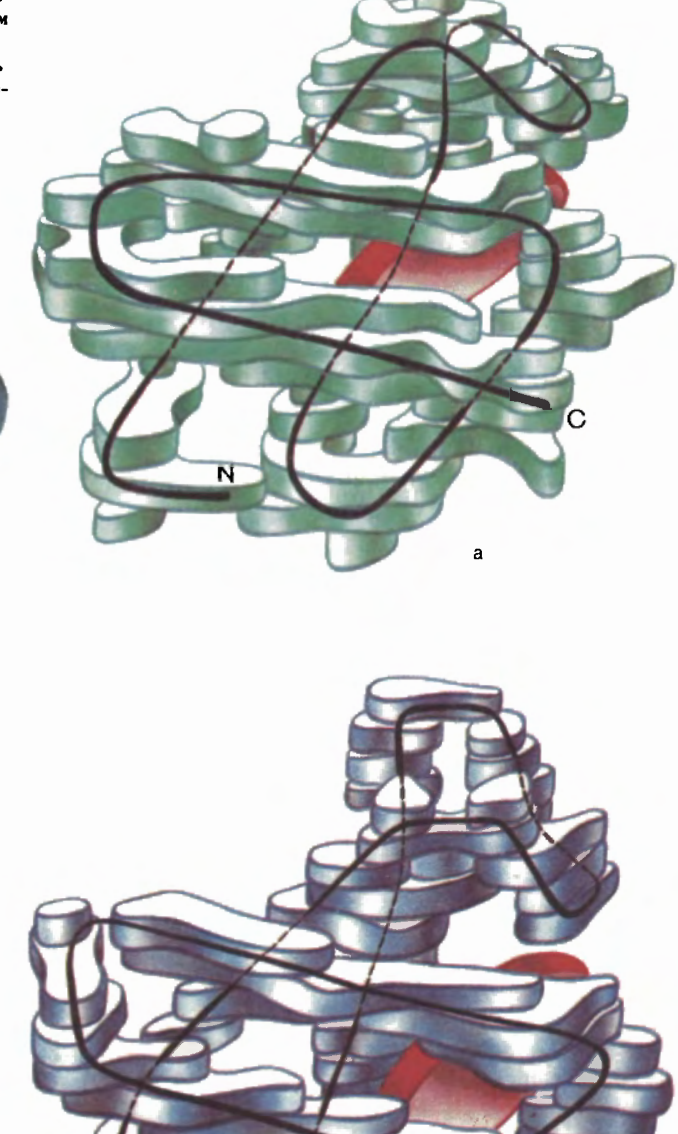
Но главное — белки составляют важнейшую и незаменимую часть пищи человека. В наше

Рис. 4. Третичная структура молекулы миоглобина и рибонуклеазы. *а* — молекула миоглобина (белка, переносящего кислород; M = 17600 дальтон); показан ход хребта полипептидной цепи вместе с обрамляющими его радикалами аминокислот. Красным цветом показана группа гема, ответственная за связывание молекулярного кислорода. Миоглобин, выделенный из мышц кашалота, был первым белком, третичная структура которого выяснена. *б* — модель молекулы рибонуклеазы (фермента, ускоряющего реакцию гидролиза рибонуклеиновых кислот; M = 13600 дальтон); каждый шарик обозначает отдельный атом.









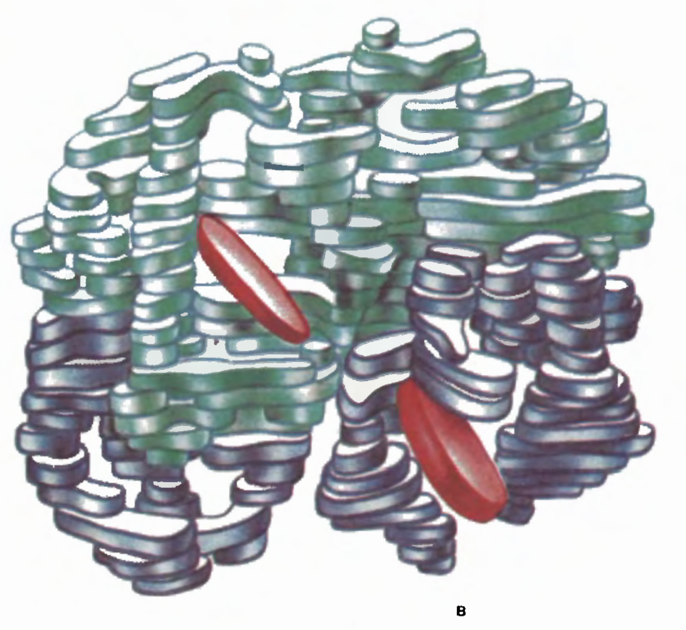


Рис. 5. Четвертичная структура молекулы гемоглобина — белка, переносящего кислород с током крови (M = 68000 дальтон), состоящего из 4 субъединиц (молекулярная масса каждой из субъединиц — 17000 дальтон). *Сверху вниз*: *а* — субъединица типа α, черная частично сплошная, частично пунктирная линия показывает ход хребта полипептидной цепи, составленной из 141 аминокислотного остатка; *б* — субъединица типа β, черная линия показывает ход хребта полипептидной цепи, составленной из 146 аминокислотных остатков; *в* — полная молекула гемоглобина, сложенная из двух субъединиц типа α (зеленые), из двух субъединиц типа β (синие), расположенных по углам почти правильного тетраэдра; красные диски — группы гема, ответственные за связывание молекулярного кислорода; в полной молекуле гемоглобина две из них не видны.

время 10—15% населения Земли голодают, а 40% получают неполноценную пищу с недостаточным содержанием белка. Поэтому человечество вынуждено индустриальными путями производить белок — наиболее дефицитный продукт на Земле. Эту задачу интенсивно решают тремя способами: производством кормовых дрожжей, приготовлением на заводах белково-витаминных концентратов на базе углеводородов нефти и выделением белков из непищевого сырья растительного происхождения. В нашей стране из углеводородного сырья изготовляют белково-витаминный концентрат. В качестве заменителя белка перспективно также промышленное производство незаменимых аминокислот.

Познание структуры и функций белков приближает человечество к овладению сокровенной тайной самого явления жизни.

БЕНТОС

Бентос (от греческого слова benthos — глубина) — совокупность *бактерий*, растений и животных, обитающих на дне и в грунте водоемов. Часто бентос подразделяют на фитобентос и зообентос (от греческих слов phyton — растение и zoon — животное). Основную массу фитобентоса в морях составляют зеленые, бурые, красные водоросли. В составе пресноводного фитобентоса зеленые водоросли и высшие растения — рдест, элодея и др. В зообентосе морей встречаются фораминиферы, губки, кораллы, многощетинковые черви, моллюски, ракообразные, иглокожие, рыбы и др. В пресных водоемах в зообентос включают обычно кроме простейших также губок, червей, пиявок, моллюсков, личинок насекомых и др.

Многие организмы бентоса — важные промысловые объекты: устрицы, мидии, крабы, креветки, кораллы, губки, некоторые водоросли. Они используются в пищевой и легкой промышленности.

БИОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Биогенетический закон, связывающий индивидуальное развитие организма (*онтогенез*) и его *эволюцию* (*филогенез*), имеет длинную историю. Еще в 1828 г. ученый-естествоиспытатель *К. М. Бэр* подметил, что при развитии организма признаки, общие для типа, класса, отряда, возникают раньше признаков, характеризующих семейство и род, позднее всех возникают видовые признаки. Зародыши высших форм (птиц и млекопитающих) похожи на зародышей рыб и земноводных.

Ч. Дарвин считал это сходство одним из важнейших доказательств эволюции. В 1864 г. немецкий зоолог Ф. Мюллер пришел к выводу, что новые признаки в развитии организма возникают в результате изменения пути развития, свойственного предкам. Немецкий биолог Э. Геккель в 1866 г. сформулировал



Бентосные организмы: *1* — **благородный коралл;** *2* — **морские лилии;** *3* — **морской еж;** *4* — **асцидии;** *5* — **червь нереида;** *6* — **морская звезда, нападающая на морского гребешка;** *7* — **удильщик морской черт;** *8* — **кораллы горгонарии;** *9* — **черви полихеты;** *10* — **рак-отшельник в раковине моллюска с актинией;** *11* — **ланцетник;** *12* — **усоногие рачки балянусы;** *13* — **мидии;** *14* — **осьминог;** *15* — **коралл мозговик;** *16* — **фукусы;** *17* — **офиура;** *18* — **губка.**

Ранние стадии онтогенеза более сходны у самых разных организмов, чем поздние. Чем ближе родство сравниваемых организмов, тем дольше можно проследить это сходство.

Легко убедиться, как близки ранние стадии развития самых разнообразных млекопитающих — от ехидны до человека — и как сильно различаются взрослые организмы!



эту закономерность так: онтогенез есть краткое и быстрое повторение филогенеза, каждый организм в индивидуальном развитии повторяет стадии развития предков. Например, паразитирующее в тканях крабов ракообразное саккулина начинает свое развитие с личинки (науплиус), очень похожей на личинку многих низших раков; затем она становится похожей на ракушковых рачков (циприсовидная личинка). Взрослая саккулина совсем не похожа на ракообразное — это внутритканевый мешкообразный паразит с корневидными отростками, но изучение стадий развития позволяет восстановить ее историю. Геккель выдвинул гипотезу, что все многоклеточные животные имели предка, похожего на стадию раз-

вития яйцеклетки — бластулу (шарик из одного слоя клеток). Однако онтогенез не так уж точно повторяет филогенез. Геккель несколько переоценил возможности эмбриологии.

Впоследствии советский ученый академик *А. Н. Северцов* создал учение о филэмбриогенезах — эволюционных изменениях хода индивидуального развития. Согласно его учению, эти изменения делятся на три категории: 1) анаболия (надставка) — меняются лишь конечные стадии развития. Встречается наиболее часто, и именно в этом случае применим биогенетический закон; 2) девиация (отклонение) — в онтогенезе происходит перестройка зачатков органов на средних стадиях развития, уже бывших у предков. Девиация встречается реже; 3) архаллаксис — редкая перестройка пути индивидуального развития с самого начала. Например, у ящерицеподобных предков змей было лишь 30—35 позвонков, как у современных ящериц, а у зародышей змей их закладывается до 500 и более.

Генетика развития позволяет внести ясность в современное понимание роли биогенетического закона. Так как онтогенез повторяется в каждом новом поколении, то филогенез можно представить как ряд последовательных онтогенезов, прошедших испытание отбором (см. *Естественный отбор*).

На протяжении каждого поколения возникают и накапливаются *мутации*. Чем раньше мутация проявится в *фенотипе*, тем резче организм отклонится от зародышевого пути предков, и весьма вероятно, что это отклонение будет уродливым и отсеется *естественным отбором*. Ведь, например, в процессе развития млекопитающих из одной клетки получается около миллиона миллиардов клеток, и изменение затронет все *клетки, ткани* и *органы*. Наоборот, позднее проявление мутации лишь незначительно изменит фенотип, и, возможно, в лучшую сторону.

Поэтому-то анаболии встречаются чаще девиаций, а архаллаксис — реже всего. Поясним это таким примером. При запуске кос-

АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ СЕВЕРЦОВ (1866—1936)



Советский биолог академик Алексей Николаевич Северцов — основоположник эволюционной морфологии животных. Многолетние исследования сравнительной анатомии и эмбриологии позвоночных животных позволили ему систематизировать закономерности, по которым происходит изменение органов животных в ходе *эволюции*.

А. Н. Северцов сформулировал учение о типах филогенетических изменений органов и их функций (см. *Филогенез*). Исходя из того, что каждый орган обладает несколькими функциями, а каждая функция способна изменяться количественно, ученый установил, что в процессе эволюции может происходить усиление или ослабление главной функции, уменьшение и расширение числа функций, а также их разделение и смена. Он показал, что есть некоторые общие пути морфофизиологического прогресса и регресса в живой природе. Крупные изменения, ведущие к усложнению организации и повышению интенсивности жизнедеятельности, — *ароморфозы* — определяют развитие группы по пути биологического прогресса. Частные приспособления — *идиоадаптации* сохраняют достигнутое группой место (развитие происходит как бы в одной плоскости).

Успех той или иной группы животных в *борьбе за существование* может достигаться как путем морфофизиологического прогресса (усложнения и совершенствования органов), так и путем морфофизиологического регресса (упрощения органов и систем). Последнее характерно, например, для большинства паразитов.

Развивая взгляды *Ч. Дарвина*, Северцов выдвинул так называемую теорию филэмбриогенеза. Он показал, что эволюция крупного масштаба (макроэволюция) осуществляется всегда путем изменения хода *онтогенеза* — индивидуального развития. Среди таких изменений ученый назвал анаболии — «надставки», девиации — отклонения, ретардации — замедления, гетерохронии — изменение времени закладки органов, гетеротопии — изменение мест закладки органов и структур (см. *Биогенетический закон*).

А. Н. Северцов — основатель советской школы морфологов-эволюционистов. Ныне существует Институт эволюционной морфологии и экологии животных имени А. Н. Северцова, который создал Алексей Николаевич. Академия наук СССР в 1969 г. учредила премию имени А. Н. Северцова, которая присуждается за выдающиеся исследования в области эволюционной морфологии.

мической ракеты на Венеру ничтожная ошибка на старте уведет ее на тысячи километров от цели, а в конце полета малые отклонения не играют роли. Поэтому в онтогенезе начальные стадии развития должны быть консервативнее конечных, походить на соответствующие стадии развития предков. Однако повторение предковых стадий наблюдается не для всего организма в целом, а лишь для отдельных органов и структур. В этом смысл биогенетического закона в современном понимании.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Биологически активными называют органические вещества, способные изменять скорость *обмена веществ* в организме. Среди них есть и относительно простые органические молекулы (например, природные амины), и очень сложные высокомолекулярные соединения (например, *белки,* обладающие ферментативными свойствами).

К биологически активным относят *ферменты, гормоны, витамины, антибиотики,* феромоны, пестициды, биогенные стимуляторы и другие вещества. Их применяют для лечения людей и сельскохозяйственных животных, защиты растений, регуляции численности особей, например снижают численность насекомых, привлекая их половыми феромонами в ловушки, и т. п.

Биогенные стимуляторы образуются в организме при неблагоприятных условиях — при травме, облучении, воспалении.

Среди биологически активных веществ отдельную группу составляют фитонциды, убивающие микроорганизмы. Их открыл советский ученый Б. П. Токин. Фитонциды — вещества растительного происхождения. Активные фитонциды содержатся в луке и чесноке: пары и вытяжки из них убивают холерный вибрион, дифтерийную палочку, гноеродных микробов. Стоит пожевать несколько минут чеснок, как большинство *бактерий,* живущих в полости рта, погибают. По родовому латинскому названию чеснока — allium — его активное начало названо аллицином. Уснинова кислота — фитонцид из лишайника уснеи — угнетает туберкулезных бактерий.

Многие фитонциды выделяются из растений в газообразном состоянии. Листья смородины, грецкого ореха, дуба, ольхи, желтой акации выделяют гексенал, в очень малых концентрациях убивающий простейших.

Устойчивость картофеля и моркови к грибным заболеваниям определяется содержащимся в них фитонцидом — хлорогеновой кислотой. Болезнь «снежную плесень» на злаках, вызываемую грибом фузариумом, уничтожает фитонцид бензоксазолин, образующийся в тканях злаков при повреждениях.

Все биологически активные вещества, включая и фитонциды, относят к продуктам вторичного обмена, считая первичными в обмене белки, *углеводы,* жиры (см. *Липиды*). Однако роль этих веществ в организме не второсте-

Корень женьшеня содержит биологически активные вещества, которые применяются в медицине. *На снимках.* корень женьшеня и растение с плодами.





Ценные биологически активные вещества содержат лимонник и облепиха *(справа)*.





пенна: ведь именно от них зависит его выживание в экстремальных условиях и при взаимодействии с соседними видами. Кроме того, для нас именно они часто определяют вкус растительной пищи, именно за ними мы обращаемся в зеленую аптеку природы.

Важную роль в жизни животных играют феромоны, которые вырабатываются специализированными железами или специальными клетками (см. *Эндокринная система*). Эти биологически активные вещества, выделяемые животными в окружающую среду, влияют на поведение, а иногда и на рост и развитие особей того же вида или даже других видов. Феромонами могут быть отдельные химические соединения, но чаще это совокупность нескольких веществ. У разных животных они, как правило, разные. К феромонам относятся половые аттрактанты — привлекающие вещества, способствующие встрече самца и самки; вещества тревоги, сбора и др. Особенно велико значение феромонов в жизни насекомых. У общественных насекомых они также регулируют состав колонии и специфическую деятельность ее членов.

Так берут яд у змей. Это ценное сырье для многих лекарственных препаратов.



БИОЛОГИЧЕСКИЕ РИТМЫ

Биологические ритмы, биоритмы, — это более или менее регулярные изменения характера и интенсивности биологических процессов. Способность к таким изменениям жизнедеятельности передается по наследству и обнаружена практически у всех живых организмов. Их можно наблюдать в отдельных *клетках, тканях* и *органах*, в целых организмах и в *популяциях*.

Биоритмы подразделяют на физиологические и экологические. Физиологические ритмы, как правило, имеют периоды от долей секунды до нескольких минут. Это, например, ритмы дыхания, биения сердца и артериального дав-

Цветочные часы можно устроить, например, из этих растений. В кружках показано примерное время, когда открываются и закрываются цветки.

Лён
Цикорий
Мак
Одуванчик
Кислица
Смолевка
Календула
Картофель
Шиповник

КАК УСТРОИТЬ ЖИВЫЕ ЧАСЫ



Одно из наиболее интересных проявлений биологического измерения времени — суточная периодичность открывания и закрывания цветков у растений. Каждое растение «засыпает» и «просыпается» в строго определенное время суток. Рано утром (в 4 ч) раскрывают свои цветки цикорий и шиповник, в 5 ч — мак, в 6 ч — одуванчик, полевая гвоздика, в 7 ч — колокольчик, огородный картофель, в 8 ч — бархатцы и вьюнки, в 9—10 ч — ноготки, мать-и-мачеха и только в 11 ч — торица. Существуют и цветы, раскрывающие свои венчики ночью. В 20 ч раскрываются цветки душистого табака, а в 21 ч — горицвета и ночной фиалки.

Так же в строго определенное время и закрываются цветки: в полдень — осот полевой, в 13—14 ч — картофель, в 14—15 ч — одуванчик, в 15—16 ч — мак и торица, в 16—17 ч — ноготки, в 17—18 ч — мать-и-мачеха, в 18—19 ч — лютик и в 19—20 ч — шиповник.

Вы можете устроить на садовой клумбе живые часы. Для этого необходимо посадить цветущие растения в таком порядке, в каком они раскрывают или закрывают свои цветки. Такие многокрасочные и ароматные часы не только будут радовать вас своей красотой, но и позволят достаточно точно (с интервалом 1—1,5 ч) определять время (см. рис.).

Впервые такие цветочные часы устроил выдающийся шведский естествоиспытатель *Карл Линней* в 20-х гг. XVIII в.

Однако цветочные часы точно показывают время только в ясную и солнечную погоду. В пасмурные дни или просто перед переменой погоды они могут и обмануть. Поэтому полезно создать и коллекцию зеленых барометров, предсказывающих изменение погоды. Перед дождем, например, закрывают свои венчики ноготки и лютики. А уроженица тропических лесов Бразилии причудливая монстера способна предсказать осадки даже за сутки, обильно выделяя из листьев влагу.

Раскрывание и закрывание цветков зависят и от многих других условий, например от географического положения местности или времени восхода и захода солнца. Поэтому, прежде чем составить цветочные часы, необходимо провести предварительные наблюдения.

ления. Экологические ритмы по длительности совпадают с каким-либо естественным ритмом окружающей среды. К ним относят суточные, сезонные (годовые), приливные и лунные ритмы. Благодаря экологическим ритмам организм ориентируется во времени и заранее готовится к ожидаемым изменениям условий существования. Так, некоторые цветки раскрываются незадолго до рассвета, как будто зная, что скоро взойдет солнце. Многие животные еще до наступления холодов впадают в зимнюю *спячку* или мигрируют (см. *Миграции*). Таким образом, экологические ритмы служат организму как биологические часы.

Экологические ритмы устойчивы к различным физическим и химическим воздействиям и сохраняются даже при отсутствии соответствующих изменений во внешней среде. Большинство растений умеренных и высоких широт на зиму теряют листья, чтобы избежать потери влаги. Яблоня или груша сохраняют сезонную периодичность сбрасывания листьев и при выращивании их в тропиках, где никогда не бывает морозов. У панцирных моллюсков во время морских приливов створки раковины открыты шире, чем во время отливов. Этот приливный ритм открывания и закрывания створок наблюдался у моллюсков и в аквариуме за 1600 км от океанского побережья, где они были отловлены. Французский спелеолог М. Сиффре 205 дней провел под землей в пещере в полном одиночестве и темноте. Все это время у него отмечался суточный ритм сна и бодрствования.

Основной земной ритм — суточный, обусловленный вращением Земли вокруг своей оси, поэтому практически все процессы в живом организме обладают суточной периодичностью. Все эти ритмы (а у человека их уже обнаружено более 100) определенным образом связаны друг с другом, образуя единую, согласованную во времени ритмическую систему организма. При рассогласовании ритмов развивается заболевание, получившее название десинхроноза. У человека десинхроноз наблюдается, например, при перелетах через несколько часовых поясов, когда ему приходится привыкать к новому распорядку дня.

Нарушение ритма сна и бодрствования может привести не только к бессонице, но и к заболеваниям *сердечно-сосудистой, дыхательной* и *пищеварительной систем*. Поэтому так важно соблюдать режим дня. Биоритмы интенсивно исследуются специалистами в области космической биологии и медицины, так как при освоении новых планет космонавты будут полностью лишены обычных ритмов среды.

Наука о биологических ритмах — биоритмология — еще очень молода. Но уже сейчас она имеет большое практическое значение. Искусственно изменяя сезонные циклы освещения и температуры, можно добиться массового цветения и плодоношения растений в теплицах, высокой плодовитости животных. Любое лекарство или яд по-разному влияет на организм в течение суток. На эту особенность обратили внимание еще основоположники медицины в Древнем Китае, которые составили «часы жизненной силы» и «часы заболеваний» того или иного органа. Особенно широкое применение эти «часы» нашли при иглоукалывании. В настоящее время фактор времени учитывают при лечении многих заболеваний, и в первую очередь при лечении рака. Определив время наименьшей устойчивости насекомых к инсектицидам, можно проводить химические обработки с наибольшей эффективностью при минимальном загрязнении окружающей среды.

Проблема биологических ритмов еще далека от окончательного решения. До сих пор не разгаданы тонкие механизмы биологических часов.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В СССР

В школе вы изучаете биологию как один из обязательных учебных предметов. Биологические знания имеют мировоззренческое значение, способствуют формированию материалистических представлений о живой природе, борьбе с религиозными предрассудками. Они играют важнейшую роль в правильном экологическом воспитании подрастающего поколения, которое должно бережно относиться к природе и ее ресурсам.

Многие из вас хотят стать биологами, посвятить свою жизнь изучению живой природы. Где можно получить специальное биологическое образование?

Биологическое образование — это система подготовки биологов для работы в научно-исследовательских учреждениях и преподавания биологических дисциплин. Биологическими знаниями вооружены и специалисты с медицинским, сельскохозяйственным, педагогическим и другим естественнонаучным образованием.

В нашей стране специалистов с высшим биологическим образованием готовят на биологических и биолого-почвенных факультетах университетов и на факультетах естествознания, биолого-географических отделениях педагогических институтов, в медицинских, сельскохозяйственных, зооветеринарных, рыбных и некоторых других вузах.

Университеты готовят биологов широкого профиля со специализацией по отдельным отраслям биологической науки — ботанике, зоологии, физиологии растений, микробиологии, цитологии, биофизике, биохимии, вирусологии, генетике и другим, а также спе-

циалистов в области смежных наук — цитохимии, биохимической генетики, *бионики*, экологической физиологии и др. Там же готовят почвоведов и агрохимиков.

В педагогических институтах готовят учителей биологии и химии, биологии и основ сельскохозяйственного производства, географии и биологии.

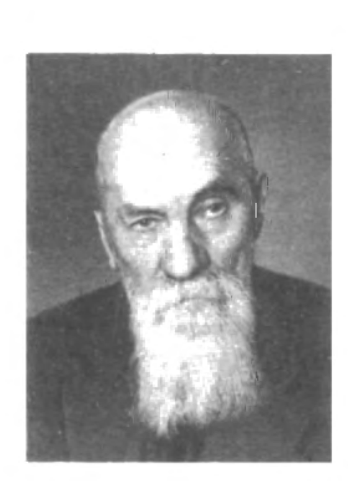
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ

Часто можно слышать о калорийности того или иного продукта. Это значит, что он способен дать при окислении определенное количество необходимой для организма энергии. Обычно под окислением понимают соединение с кислородом. Именно так и окисляется ряд молекул в организме под воздействием *ферментов* — оксигеназ.

Однако при биологическом окислении от органической молекулы под действием соответствующего фермента отщепляются 2 атома водорода. В ряде случаев при этом между ферментами и окисленной молекулой образуется неустойчивая, богатая энергией (макроэргическая) связь. Она используется для образования *макроэргического соединения* — АТФ (*аденозинтрифосфорной кислоты*) — «конечной цели» большинства процессов биологического окисления. А 2 отнятых атома водорода оказываются в результате реакции связанными с коферментом (см. *Ферменты*) НАД (никотинамидадениндинуклеотидом) или с НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфатом).

Дальнейшая судьба водорода может быть различной. При анаэробном (бескислородном)

АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ БАХ (1857—1946)



Академик Алексей Николаевич Бах — ученый и революционный деятель, основатель школы советских биохимиков. В 1875 г. он поступил в Киевский университет. С третьего курса за активное участие в политических выступлениях студентов был исключен из университета и сослан на три года. Вернувшись в Киев, он вступил в организацию «Народная воля» и с 1883 г. перешел на нелегальное положение: работал агитатором в Ярославле, Казани. В своих лекциях для рабочих Алексей Николаевич популярно излагал экономическое учение К. Маркса; на основе этих лекций он написал книгу «Царь-Голод» (1883). В 1885 г., после разгрома народовольческой организации, он эмигрировал за границу, где в Париже, США, а затем под Женевой в небольшой организованной им лаборатории проводил научные исследования.

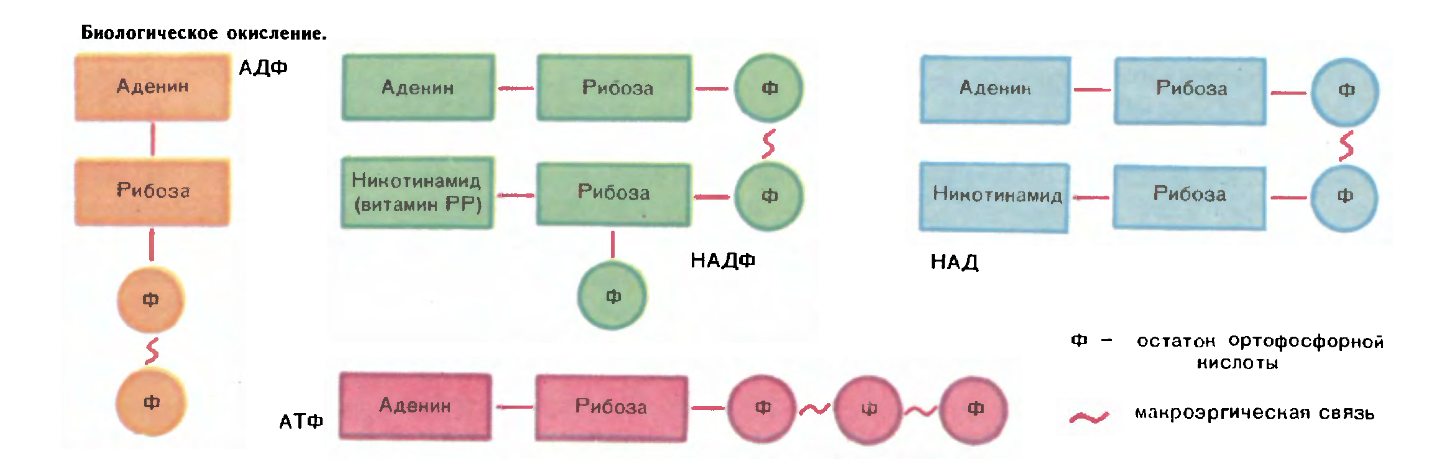
В 1917 г. Бах вернулся в Россию. Уже в 1918 г., объединив вокруг себя талантливых молодых ученых, он организовал Центральную химическую лабораторию при Высшем совете народного хозяйства РСФСР, преобразованную затем в Физико-химический институт имени Л. Я. Карпова, директором которого Бах был до конца своей жизни. Через два года Бах организует Биохимический институт Наркомздрава, а в 1935 г. совместно с *А. И. Опариным* — Институт биохимии Академии наук СССР и становится его директором.

Основные научные труды Баха, заложившие основы советской биохимии, связаны с исследованием химии *фотосинтеза, биологического окисления* и изучением *ферментов*. Но не только фундаментальные проблемы биохимии привлекали его внимание. Бах любил повторять высказывание *Л. Пастера*, что нет науки теоретической и прикладной, а есть наука и ее приложения. Этому принципу Бах и его ученики следовали в любой работе, стремясь использовать результаты научных исследований в практике народного хозяйства: в химической технологии, пищевой промышленности, при переработке растительного сырья. Бах совместно с А. И. Опариным разработал научные основы промышленного хлебопечения.

Алексей Николаевич вел огромную научно-организационную и общественную работу. Он возглавил Всесоюзную ассоциацию работников науки и техники, был президентом Всесоюзного химического общества имени Д. И. Менделеева, депутатом Верховного Совета СССР. А. Н. Бах был лауреатом премии имени В. И. Ленина и Государственной премии СССР.

После смерти Героя Социалистического Труда академика А. Н. Баха его имя было присвоено Институту биохимии Академии наук СССР. Ежегодно в день его рождения проводятся Баховские чтения, на которых ученые выступают с докладами о своих достижениях в отраслях науки, заложенных А. Н. Бахом. За достижения в области биохимии присуждается премия имени А. Н. Баха.

Биологическое окисление.



окислении он переносится на некоторые органические молекулы; так образуются этиловый спирт, молочная кислота, глицерин и ряд других веществ. При аэробном окислении водород через цепь переносчиков передается на кислород с образованием воды. Основная часть цепи переноса водорода расположена в мембранах *митохондрий*. При этом переносе из АДФ (аденозиндифосфорной кислоты) и неорганического фосфата образуется АТФ.

Аэробное окисление намного эффективнее анаэробного. При анаэробном окислении глюкозы образуются лишь 2 молекулы АТФ на 1 молекулу глюкозы (см. *Гликолиз*). При аэробном же окислении глюкоза «сжигается» до углекислого газа и воды (CO_2 и H_2O) с образованием 36 молекул АТФ (см. *Дыхание*). Следовательно, эволюционно более молодое аэробное окисление глюкозы в 18 раз энергетически более выгодно, чем анаэробное. Это одна из причин, обусловивших широкое распространение и бурную *эволюцию* аэробных организмов (см. *Аэробы*).

БИОЛОГИЯ (БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Биология (от греческих слов bios — жизнь и logos — наука) — совокупность наук о живой природе. Биология изучает все проявления жизни, строение и функции живых существ и их сообществ, распространение, происхождение и развитие живых организмов, связи их друг с другом и с неживой природой.

Для живой природы характерны разные уровни организации ее структур, между которыми существует сложное соподчинение. Все живые организмы вместе с окружающей средой образуют *биосферу*, которая складывается из биогеоценозов. В них, в свою очередь, входят *биоценозы*, состоящие из *популяций*. Популяции составляют отдельные особи. Особи многоклеточных организмов состоят из *органов* и *тканей*, образованных различными *клетками*. Для каждого уровня организации жизни характерны свои закономерности. Жизнь на каждом уровне изучают соответствующие отрасли современной биологии.

Для изучения живой природы биологи применяют различные методы: наблюдение, позволяющее описать то или иное явление; сравнение, которое дает возможность установить закономерности, общие для разных явлений в живой природе; эксперимент, или опыт, когда исследователь сам искусственно создает ситуацию, помогающую выявить те или иные свойства биологических объектов. Исторический метод позволяет на основе данных о современном органическом мире и его прошлом познавать процессы развития живой природы. Кроме этих основных методов применяется много других.

Биология берет свое начало в глубокой древности. Описания животных и растений, сведения об анатомии и физиологии человека и животных были необходимы для практической деятельности людей. Одними из первых попытки осмыслить и привести в систему явления жизни, обобщить накопленные биологические знания и представления сделали древнегреческие, а позже древнеримские ученые и врачи Гиппократ, Аристотель, Гален и другие. Эти воззрения, развитые учеными эпохи Возрождения, положили начало современным ботанике и зоологии, анатомии и физиологии и другим биологическим наукам.

В XVI—XVII вв. в научных исследованиях наряду с наблюдением и описанием стал широко применяться эксперимент. В это время блестящих успехов достигает анатомия. В трудах известных ученых XVI в. А. Везалия и М. Сервета были заложены основы представлений о строении кровеносной системы животных. Это подготовило великое открытие XVII в. — учение о кровообращении, созданное англичанином У. Гарвеем (1628). Через несколько десятилетий итальянец М. Мальпиги открыл при помощи микроскопа капилляры,



Римский врач и естествоиспытатель Клавдий Гален.



Ученый, врач-анатом и хирург эпохи Возрождения Андрей Везалий.

что позволило понять путь крови от артерий к венам.

Создание микроскопа расширило возможности изучения живых существ. Открытия следовали одно за другим. Английский физик Р. Гук открывает клеточное строение растений, а голландец *А. Левенгук* — одноклеточных животных и микроорганизмы.



Английский врач и ученый Уильям Гарвей рассказывает о своих опытах по кровообращению английскому королю Карлу I.

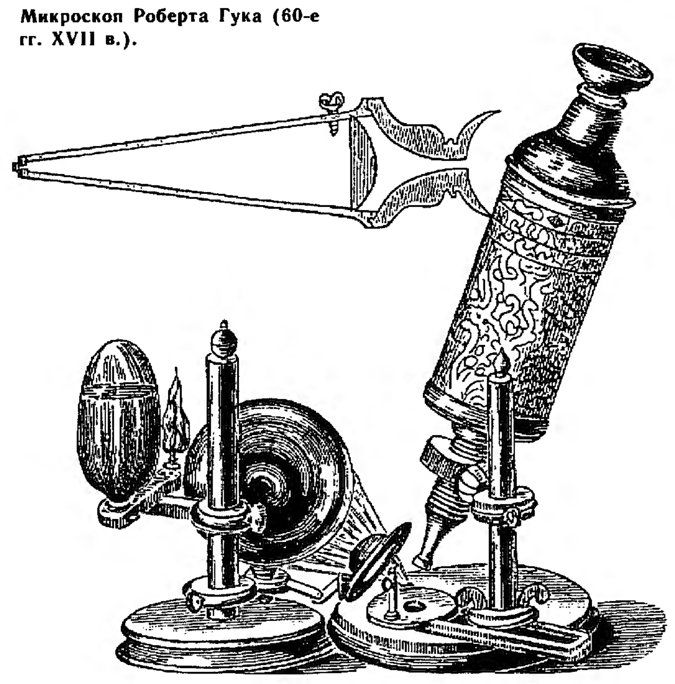
В XVIII в. было накоплено уже много знаний о живой природе. Назрела необходимость классифицировать все живые организмы, привести их в систему. В это время закладываются основы науки *систематики*. Важнейшим достижением в этой области была «Система природы» шведского ученого К. Линнея (1735).

Дальнейшее развитие получила физиология — наука о жизнедеятельности организмов, их отдельных систем, органов и тканей и процессах, протекающих в организме.

Англичанин Дж. Пристли показал в опытах на растениях, что они выделяют кислород (1771—1778). Позже швейцарский ученый Ж. Сенебье установил, что растения под действием солнечного света усваивают углекислый газ и выделяют кислород (1782). Это были первые шаги на пути исследования центральной роли растений в преобразовании веществ и энергии в биосфере Земли, первый шаг в новой науке — физиологии растений.

А. Лавуазье и другие французские ученые выяснили роль кислорода в дыхании животных и образовании животного тепла (1787—1790). В конце XVIII в. итальянский физик Л. Гальвани открыл «животное электричество», что привело в дальнейшем к развитию электрофизиологии. В это же время итальянский биолог Л. Спалланцани провел точные опыты,

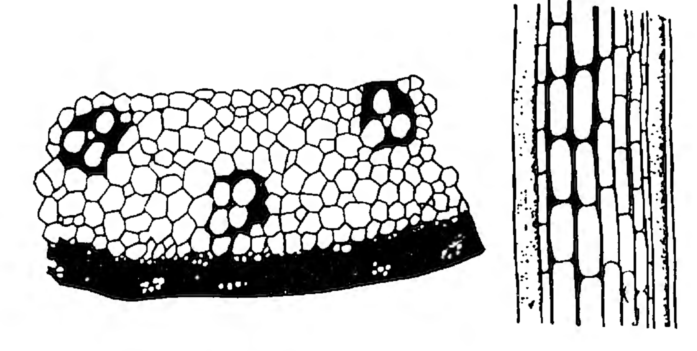
Микроскоп Роберта Гука (60-е гг. XVII в.).



Так выглядели срезы пробки под микроскопом Р. Гука. Это было первое изображение клеток.



Рисунки растительных клеток, сделанные голландским биологом XVII в. Антони ван Левенгуком.



опровергавшие возможность самозарождения организмов.

В XIX в. в связи с развитием физики и химии в биологию проникают новые методы исследования. Богатейший материал для изучения природы дали сухопутные и морские экспедиции в малодоступные прежде районы Земли. Все это привело к формированию многих специальных биологических наук.

На рубеже века возникла палеонтология, изучающая ископаемые остатки животных и растений — свидетельства последовательного изменения — эволюции форм жизни в истории Земли. Основоположником ее был французский ученый *Ж. Кювье*.

Большое развитие получила эмбриология — наука о зародышевом развитии организма. Еще в XVII в. У. Гарвей сформулировал положение: «Все живое из яйца». Однако лишь в XIX в. эмбриология стала самостоятельной наукой. Особая заслуга в этом принадлежит ученому-естествоиспытателю *К. М. Бэру*, открывшему яйцо млекопитающих и обнаружившему общность плана строения зародышей животных разных классов.

В результате достижений биологических наук в первой половине XIX в. широко распространилась идея родства живых организмов, их происхождения в ходе эволюции. Первую целостную концепцию эволюции — происхождения видов животных и растений в результате их постепенного изменения от поколения к поколению — предложил *Ж. Б. Ламарк*.

Крупнейшим научным событием века стало эволюционное учение *Ч. Дарвина* (1859). Теория Дарвина оказала огромное влияние на все дальнейшее развитие биологии. Делаются новые открытия, подтверждающие правоту Дарвина, в палеонтологии (*В. О. Ковалевский*), в эмбриологии (*А. О. Ковалевский*), в зоологии, ботанике, цитологии, физиологии. Распространение эволюционной теории на представления о происхождении человека привело к созданию новой отрасли биологии — антропологии. На основе эволюционной теории немецкие ученые Ф. Мюллер и Э. Геккель сформулировали *биогенетический закон*.

Еще одно выдающееся достижение биологии XIX в. — создание немецким ученым Т. Шванном *клеточной теории*, доказавшей, что все живые организмы состоят из клеток. Тем самым была установлена общность не только макроскопического (анатомического), но и микроскопического строения живых существ. Так возникла еще одна биологическая наука — цитология (наука о клетках) и как следствие ее — учение о строении тканей и органов — гистология.

В результате открытий французского ученого *Л. Пастера* (микроорганизмы являются причиной спиртового брожения и вызывают многие болезни) самостоятельной биологической дисциплиной стала микробиология. Работы Пастера окончательно опровергли представления о самозарождении организмов. Исследование микробной природы холеры птиц и бешенства млекопитающих привело Пастера

к созданию иммунологии как самостоятельной биологической науки. Существенный вклад в ее развитие внес в конце XIX в. русский ученый *И. И. Мечников.*

Во второй половине XIX в. многие ученые пытались умозрительно решить загадку *наследственности,* раскрыть ее механизм. Но только *Г. Менделю* удалось установить на опыте закономерности наследственности (1865). Так были заложены основы генетики, ставшей самостоятельной наукой уже в XX в.

В конце XIX в. были открыты *митоз* — деление клеток с точным и равным разделением *хромосом* между дочерними клетками и *мейоз* — образование из диплоидных клеток с двойным набором хромосом гаплоидных половых клеток — *гамет* с одинарным набором хромосом.

Важнейшее значение имело открытие *вирусов* русским ученым *Д. И. Ивановским* (1892).

В конце XIX в. большие успехи сделаны в биохимии. Швейцарский врач Ф. Мишер открыл *нуклеиновые кислоты* (1869), выполняющие, как было установлено в дальнейшем, функции хранения и передачи генетической информации. К началу XX в. было выяснено, что *белки* состоят из *аминокислот,* соединенных друг с другом, как показал немецкий ученый Э. Фишер, пептидными связями.

Физиология в XIX в. развивается в разных странах мира. Особенно существенными были работы французского физиолога К. Бернара, создавшего учение о постоянстве внутренней среды организма — *гомеостазе.* В Германии прогресс физиологии связан с именами И. Мюллера, Г. Гельмгольца, Э. Дюбуа-Реймона. Гельмгольц развил физиологию органов чувств, Дюбуа-Реймон стал основоположником изучения электрических явлений в физиологических процессах. Выдающийся вклад в развитие физиологии в конце XIX — начале XX в. внесли русские ученые: *И. М. Сеченов, Н. Е. Введенский, И. П. Павлов, К. А. Тимирязев.*

В XX в. развиваются новые биологические дисциплины и исследования в «классических» отраслях биологии. Особенно бурно развиваются генетика, цитология, физиология животных и растений, биохимия, эмбриология, эволюционное учение, учение о биосфере, а также микробиология, вирусология, паразитология и многие другие отрасли биологии.

Генетика сформировалась как самостоятельная биологическая наука, изучающая наследственность и *изменчивость* живых организмов. Еще из работ Менделя следовало, что существуют материальные единицы наследственности, впоследствии названные *генами.* Это открытие Менделя было оценено лишь в начале XX в. в результате исследований Х. Де Фриза в Голландии, Э. Чермака в Австрии, К. Корренса в Германии. Американский ученый *Т. Морган,* исследуя гигантские хромосомы мухи дрозофилы, пришел к выводу, что гены находятся в клеточных *ядрах,* в хромосомах. Он, а также другие ученые разработали хромосомную теорию наследственности. Тем самым генетика в значительной мере объединилась с цитологией (цитогенетика) и стал понятен биологический смысл митоза и мейоза.

С начала нашего века началось быстрое развитие биохимических исследований во многих странах мира. Основное внимание было уделено путям превращения веществ и энергии во внутриклеточных процессах. Было установлено, что эти процессы в принципе одинаковы у всех живых существ — от *бактерий* до человека. Универсальным посредником в превращении энергии в клетке оказалась *аденозинтрифосфорная кислота (АТФ).* Советский ученый *В. А. Энгельгардт* открыл процесс образования АТФ при поглощении клетками кислорода. Открытие и исследование *витаминов, гормонов,* установление состава и строения всех основных химических компонентов клетки выдвинули биохимию на одно из ведущих мест в ряду биологических наук.

Еще на рубеже XIX и XX вв. профессор Московского университета А. А. Колли поставил вопрос о молекулярном механизме передачи признаков по наследству. Ответ на вопрос дал в 1927 г. советский ученый *Н. К. Кольцов,* выдвинув матричный принцип кодирования генетической информации (см. *Транскрипция, Трансляция*).

Матричный принцип кодирования был разработан советским ученым *Н. В. Тимофеевым-Ресовским* и американским ученым М. Дельбрюком.

В 1953 г. американец Дж. Уотсон и англичанин Ф. Крик использовали этот принцип при анализе молекулярной структуры и биологических функций дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Так на основе биохимии, генетики и биофизики возникла самостоятельная наука — молекулярная биология.

В 1919 г. в Москве был основан первый в мире Институт биофизики. Эта наука исследует физические механизмы преобразования энергии и информации в биологических системах. Существенная проблема биофизики — выяснение роли различных ионов в жизни клетки. В этом направлении работали американский ученый Ж. Лёб, советские исследователи Н. К. Кольцов, Д. Л. Рубинштейн. Эти исследования привели к установлению особой роли биологических *мембран.* Неравновесное распределение ионов натрия и калия по обе стороны мембраны клетки, как показали английские ученые А. Л. Ходжкин, Дж. Экле и А. Ф. Хаксли, является основой распространения нервного импульса.

Значительных успехов добились науки, изучающие индивидуальное развитие организмов — *онтогенез.* Были разработаны, в частности, методы искусственного *партеногенеза.*

В первой половине XX в. советский ученый *В. И. Вернадский* создал учение о биосфере Земли. В это же время *В. Н. Сукачев* заложил основы представлений о биогеоценозах.

Изучение взаимодействия отдельных особей и их совокупностей с окружающей средой привело к формированию экологии — науки о закономерностях взаимоотношений организмов со *средой обитания* (термин «экология» предложил в 1866 г. немецкий ученый Э. Геккель).

Самостоятельной биологической наукой стала этология, изучающая *поведение животных.*

В XX в. получила дальнейшее развитие теория биологической эволюции. Благодаря развитию палеонтологии и сравнительной анатомии было выяснено происхождение большинства крупных групп органического мира, вскрыты морфологические закономерности эволюции (советский ученый *А. Н. Северцов*). Огромное значение для развития эволюционной теории имел синтез генетики и дарвинизма (работы советского ученого *С. С. Четверикова,* английских ученых С. Райта, Р. Фишера, Дж. Б. С. Холдейна), приведший к созданию современного эволюционного учения. Ему посвящены труды американских ученых Ф. Г. Добржанского, Э. Майра, Дж. Г. Симпсона, англичанина Дж. Хаксли, советских ученых *И. И. Шмальгаузена, Н. В. Тимофеева-Ресовского,* немецкого ученого Б. Ренша.

Советский ученый *Н. И. Вавилов* на основании достижений эволюционной теории и генетики и в результате собственных многолетних исследований создал теорию центров происхождения культурных растений. *А. И. Опарин* распространил эволюционные представления на «предбиологический» период существования Земли и выдвинул теорию происхождения жизни.

НИКОЛАЙ КОНСТАНТИНОВИЧ КОЛЬЦОВ (1872—1940)



Николай Константинович Кольцов — советский биолог, основоположник отечественной экспериментальной биологии.

Страстное увлечение зоологией привело будущего ученого в Московский университет, который он окончил блестяще. С самого начала своей научной деятельности Кольцов принимал активное участие в общественной жизни. Вместе с группой передовых профессоров и преподавателей Московского университета Николай Константинович демонстративно покинул университет в знак протеста против репрессий царского правительства и стал работать в частном университете имени Шанявского. Здесь и раскрылся его замечательный талант воспитателя и организатора.

Через несколько лет в первом в России научно-исследовательском биологическом учреждении — Институте экспериментальной биологии, созданном Кольцовым в 1917 г., собралась плеяда выдающихся исследователей. Дружественная, творческая атмосфера института способствовала новым открытиям. Николай Константинович относился к ученым, которые больше внимания уделяют своим ученикам, чем оформлению на бумаге собственных научных работ. Им опубликовано лишь несколько десятков статей, в том числе излагавшие гениальное предвидение «наследственных молекул», открытых лишь спустя много лет, и принцип матричной репродукции *хромосом.* Это позволяет считать Кольцова одним из основоположников современной молекулярной биологии и генетики.

Среди учеников и соратников Н. К. Кольцова *С. С. Четвериков* — основатель современной популяционной и эволюционной генетики, *Б. Л. Астауров,* впервые в мире практически решивший проблему регуляции пола у животных (эту работу ему поручил непосредственно Н. К. Кольцов), *Н. В. Тимофеев-Ресовский* — один из создателей радиационной биологии и современного учения о микроэволюции — и многие другие выдающиеся ученые. Кольцов создал московскую экспериментальную школу зоологов, цитологов и генетиков.

Друг *Н. И. Вавилова,* М. Горького, Н. А. Семашко и других выдающихся деятелей науки и культуры нашего отечества, член-корреспондент Петербургской академии наук, впоследствии действительный член Всесоюзной сельскохозяйственной академии имени В. И. Ленина, Н. К. Кольцов до конца дней руководил созданным им институтом. Ныне этот институт преобразован в Институт биологии развития имени Н. К. Кольцова АН СССР; в нем развиваются многие направления исследований, заложенные выдающимся ученым.

Зоологи и ботаники в XX в. продолжали изучение жизни животных и растений в различных условиях обитания. Большие успехи были достигнуты в изучении отдельных групп животных и растений — орнитологии (птицы), энтомологии (насекомые), герпетологии (пресмыкающиеся), альгологии (водоросли), лихенологии (лишайники) и др. Выдающийся вклад в развитие зоологии внесли советские ученые М. А. Мензбир, С. И. Огнев, А. Н. Формозов, В. А. Догель, Л. А. Зенкевич, *К. И. Скрябин*, *М. С. Гиляров* и другие; ботаники — М. И. Голенкин, К. И. Мейер, А. А. Уранов, Л. И. Курсанов, *В. Л. Комаров* и другие.

Физиология животных развивалась под сильным влиянием трудов советских ученых

НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ (1900—1981)



Советский биолог Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский был человеком редкой эрудиции. Широта его научных интересов была огромна. Ему принадлежат важнейшие открытия в нескольких областях *биологии*.

В годы гражданской войны с оружием в руках в рядах Красной гвардии он защищал Советскую власть. После войны поступил в Московский университет. Здесь он попал в кружок биологов, впоследствии сформировавших московскую школу экспериментальной биологии, которую возглавлял *Н. К. Кольцов*. На формирование взглядов Н. В. Тимофеева-Ресовского оказал влияние и другой его непосредственный учитель — основатель современной популяционной и эволюционной генетики *С. С. Четвериков*. К началу 30-х гг. Николай Владимирович, проведя замечательно спланированные экспериментальные работы на мухе дрозофиле и других насекомых, стал одним из лидеров мировой генетики.

Он открыл и обосновал фундаментальные принципы в современной генетике развития и популяционной генетике — принципы пенетрантности (частота или вероятность проявления какого-либо *аллеля* в *фенотипе* по отношению к общему числу особей, обладающих данным аллелем) и экспрессивности (степень фенотипического проявления *гена*, определяемая по степени развития признака). Тимофеев-Ресовский стал одним из основоположников радиобиологии. Глубоко изучив влияние радиации на наследственность, он сформулировал «принцип попадания» и «теорию мишени», рассматривая генетические структуры как «мишени» при ионизирующем облучении.

Николай Владимирович обладал уникальной и удивительной способностью отличать «существенное от несущественного» — качеством, свойственным только очень крупным ученым. Эта способность позволяла ему, проводя обычные эксперименты на дрозофиле или наблюдая осенью в природе за укрывающимися на зимовку в щели божьими коровками, улавливать проявление великих законов природы.

Начав вместе с М. Дельбрюком (впоследствии лауреатом Нобелевской премии) работы по моделированию структуры генов в 30-е гг., Тимофеев-Ресовский стал фактически одним из основателей молекулярной биологии. В это же время совместно с физиком Р. Ромпе он обнаружил и описал «принцип усилителя» в биологии. В наше время, спустя 50 лет, оказалось, что этот принцип, по-видимому, один из важнейших и очень немногих общих принципов в теоретической биологии. Согласно ему единичное изменение (например, мутация, определяемая энергией порядка всего 2 эВ) может изменить свойства целой особи и привести в действие силы, на несколько порядков большие по затрачиваемой энергии.

По выражению его университетского друга академика *Б. Л. Астаурова*, Николай Владимирович был «трубадуром современной генетики». Он, действительно, с бóльшим удовольствием выступал перед любой аудиторией, чем писал научные статьи. Его многочасовые лекции никого не оставляли равнодушными. Если выступление удавалось записать, то его можно было опубликовать как научную работу без каких-либо существенных поправок, лишь расставив знаки препинания, — так точны и продуманны были все выражения, так строга логика изложения.

В последние годы жизни ученый много сделал для развития эволюционной теории. Еще в 30-е гг. он первым использовал термин «микроэволюция» в современном смысле слова. Развитию учения о микроэволюции посвящены несколько его книг, написанных совместно с учениками в 70-е гг. Он был членом академий наук нескольких стран. Имя Н. В. Тимофеева-Ресовского стоит в ряду имен самых крупных естествоиспытателей нашего века.

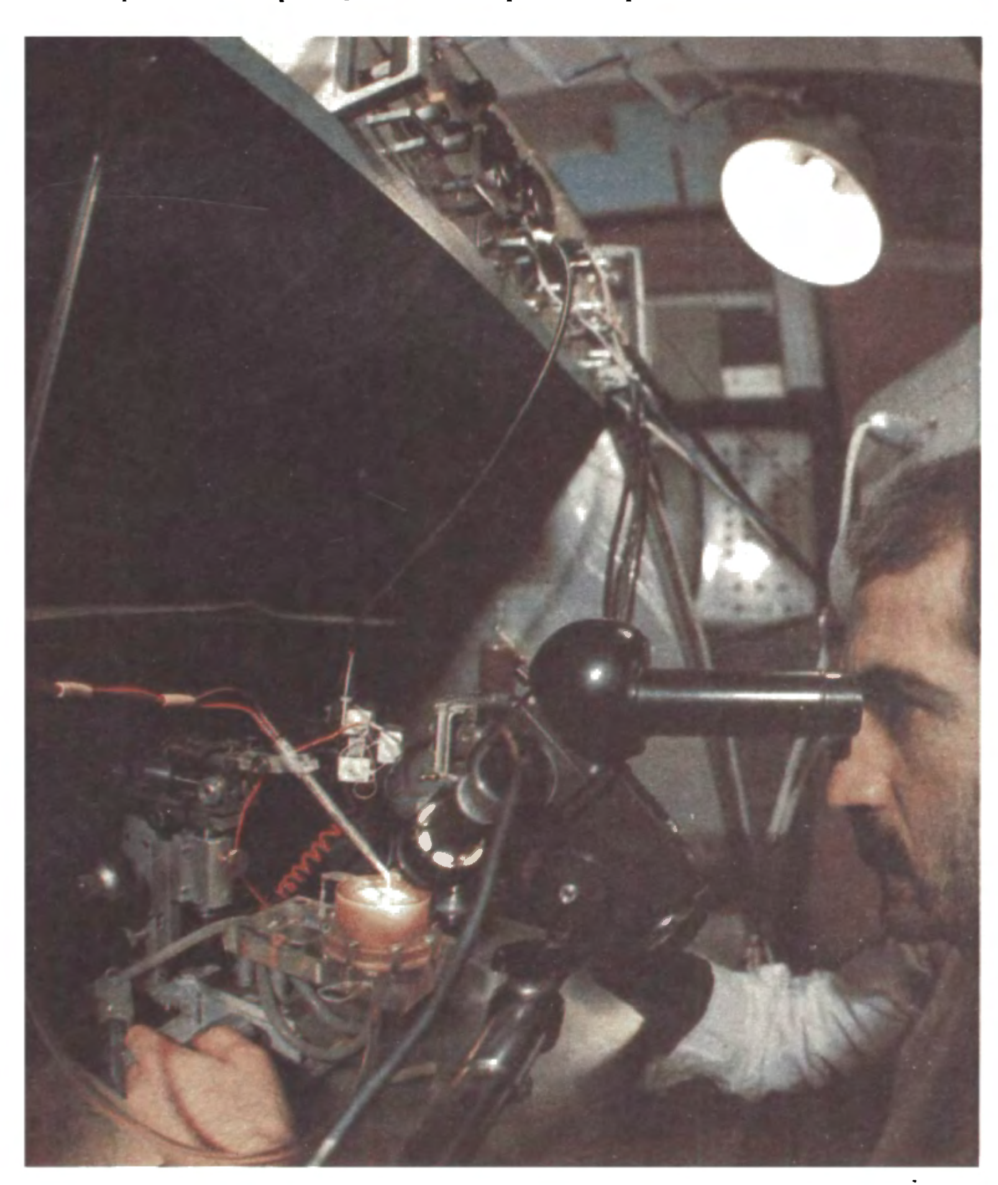
В центрифужном зале Института молекулярной биологии АН СССР (Москва).



И. П. Павлова, Л. А. Орбели, *А. А. Ухтомского*, А. Ф. Самойлова, английского ученого Ч. Шеррингтона и многих других. Основное внимание было уделено физиологии центральной нервной системы, механизмам передачи сигналов по нерву и с нерва на мышцу.

В результате изучения регуляции формообразования, роста и развития животных в от-

В наше время биологам уже не обойтись без сложной техники (Институт биофизики АН СССР, Москва).



дельную биологическую дисциплину выделилась эндокринология — наука о *гормонах,* имеющая важное значение для медицины. Советский ученый М. М. Завадовский выдвинул концепцию взаимодействия эндокринных органов по принципу обратных связей (см. *Эндокринная система*).

Физиология растений добилась успехов в

МЕРКУРИЙ СЕРГЕЕВИЧ ГИЛЯРОВ (1912—1985)



Академик Меркурий Сергеевич Гиляров — советский зоолог, создатель почвенной зоологии.

Еще в школьные годы он увлекался аквариумистикой, вел наблюдения за насекомыми, а также старательно изучал иностранные языки. Все это, несомненно, помогло ему впоследствии стать одним из самых эрудированных биологов нашей страны. Среди учителей М. С. Гилярова в Киевском университете был будущий академик *И. И. Шмальгаузен,* оказавший огромное влияние на его формирование как ученого.

Окончив университет в 1933 г., Меркурий Сергеевич стал заниматься изучением насекомых и других беспозвоночных животных, повреждающих кок-сагыз — техническое растение, сок которого используется для получения натурального каучука. Кок-сагыз тогда только вводили в культуру. Молодой ученый обратил внимание на то, что при возделывании нового растения на больших площадях прежде безобидные почвенные насекомые могут перейти на питание им, формируя небывалый прежде агробиогеоценоз. Человек, засевая огромные территории только одним видом культурных растений, сам того не желая, способствовал возникновению их врагов.

Вскоре М. С. Гиляров занялся разработкой фундаментальных проблем формирования почвенного населения, выяснением влияния насекомых и других беспозвоночных на образование почвы. Две его небольшие статьи, опубликованные в журнале «Почвоведение» в 1939 г., означали рождение в нашей стране новой зоологической дисциплины — почвенной зоологии. Лишь на основании изучения животных, которые обитают в данной почве, почвенная зоология позволяет определять ее свойства, а следовательно, и точно решать, какие культуры выгоднее на ней возделывать, какой нужен режим обработки, сколько влаги и т. д. За разработку зоологического метода диагностики почв, крайне важного для народного хозяйства нашей страны, М. С. Гиляров был удостоен Государственной премии СССР.

Ученый всегда соединял теоретические исследования с решением практически важных задач. Он написал научный труд «Особенности почвы как среды обитания и ее роль в эволюции насекомых». Под его руководством большой коллектив авторов создал единственный в мире «Определитель обитающих в почве личинок насекомых» и «Определитель почвообитающих клещей». Эти издания помогают организовать на научной основе защиту сельскохозяйственных растений от массовых размножений насекомых, повреждающих их.

Исследования в области почвенной зоологии позволили М. С. Гилярову разработать одну из интереснейших проблем эволюционной биологии — выяснение путей происхождения наземных животных. Он доказал, что именно почва была той промежуточной средой, которая помогла в далеком прошлом мелким беспозвоночным животным начать завоевание суши. Свидетельствами тому оказывается строение их покровов, органов дыхания, особенности водного обмена, способов размножения этих животных. Ученый выдвинул положение о регуляции эволюционных процессов по принципу положительной обратной связи (см. *Эволюция*).

Меркурий Сергеевич был замечательным человеком: добрым, мягким, отзывчивым. Он прекрасно разбирался не только в разных областях биологии, но и в искусстве, литературе. М. С. Гиляров был членом многих иностранных академий наук. Среди его наград большая золотая медаль «За заслуги перед наукой и человечеством» Академии наук Чехословакии.

Меркурий Сергеевич был одним из инициаторов создания этой книги для юных биологов и ее главным редактором. Он принимал участие в создании коллектива ее авторов и редакторов, тщательно работал над содержанием словаря, заботился о том, чтобы о достижениях современной биологии было рассказано просто и интересно.



Чтобы изучить жизнь птиц, ученые ведут наблюдения за их миграциями. ***Внизу*** **— кольцевание птиц (Окский государственный заповедник).** ***Слева*** **— ловля птиц для кольцевания.**

познании природы *фотосинтеза,* изучении участвующих в нем *пигментов,* и прежде всего хлорофилла.

С выходом человека в космическое пространство появилась новая наука — космическая биология. Основная задача ее — жизнеобеспечение людей в условиях космического полета, создание искусственных замкнутых биоценозов на космических кораблях и станциях, поиск возможных проявлений жизни на других планетах, а также подходящих условий для ее существования.

В 70-е гг. возникла новая отрасль молекулярной биологии — *генная инженерия,* задача которой — активная и целенаправленная перестройка генов живых существ, их конструирование, т. е. управление наследственностью. В результате этих работ стало возможным введение генов, взятых из одних организмов или даже искусственно синтезированных, в клетки других организмов (например, введение гена, кодирующего синтез инсулина у животных, в клетки бактерий). Стала возможной гибридизация клеток разных видов — клеточная инженерия. Разработаны методы, позволяющие выращивать организмы из отдельных клеток и тканей (см. *Культура клеток и тканей*). Это открывает огромные перспективы в размножении копий — *клонов* ценных индивидуумов.

Все эти достижения имеют чрезвычайно важное практическое значение — они стали основой новой отрасли производства — *биотехнологии.* Уже сейчас осуществляется биосинтез лекарств, гормонов, витаминов, *антибиотиков* в промышленных масштабах. А в будущем таким путем мы сможем получить основные



компоненты пищи — *углеводы,* белки, *липиды.* Использование солнечной энергии по принципу фотосинтеза растений в биоинженерных системах разрешит проблему обеспечения энергией основных потребностей людей.

Значение биологии в наши дни неизмеримо возросло и в связи с проблемой сохранения

Один из путей повышения урожайности сельскохозяйственных культур — создание новых сортов. *На снимке:* **гибридизация культур в лаборатории селекции зерновых Белорусского научно-исследовательского института земледелия.**



биосферы из-за бурного развития промышленности, сельского хозяйства, роста населения Земли. Появилось важное практическое направление биологических исследований — изучение среды обитания человека в широком смысле и организация на этой основе рациональных способов ведения народного хозяйства, *охраны природы.*

Биология имеет огромное значение для сельского хозяйства. Только знание законов генетики и селекции, а также физиологических особенностей культурных видов дает возможность совершенствовать агротехнику и зоотехнию, выводить новые, более продуктивные сорта растений и породы животных. Биологические знания помогают в борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений, паразитами животных. Они играют важную роль в совершенствовании лесного и промыслового хозяйства, звероводства.

Другое важнейшее практическое значение биологических исследований — использование их в медицине. Именно успехи и открытия в биологии определили современный уровень медицинской науки. С ними связан и дальнейший прогресс медицины. О многих задачах биологии, связанных со здоровьем людей, вы прочтете в нашей книге (см. *Иммунитет, Бактериофаг, Наследственность* и др.).

Биология в наши дни становится реальной производительной силой. По уровню биологических исследований можно судить о материально-техническом развитии общества.

Накоплению знаний в новых и классических областях биологии способствует применение новых методов и приборов, например появление электронной микроскопии.

В нашей стране растет число биологических научно-исследовательских институтов, биостанций, а также заповедников и национальных парков, играющих важную роль как «природные лаборатории».

Большое число биологов разных специальностей готовят высшие учебные заведения (см. *Биологическое образование в СССР*). Многие из вас пополнят в будущем многочисленный отряд специалистов, перед которым стоят задачи решения важных биологических проблем.

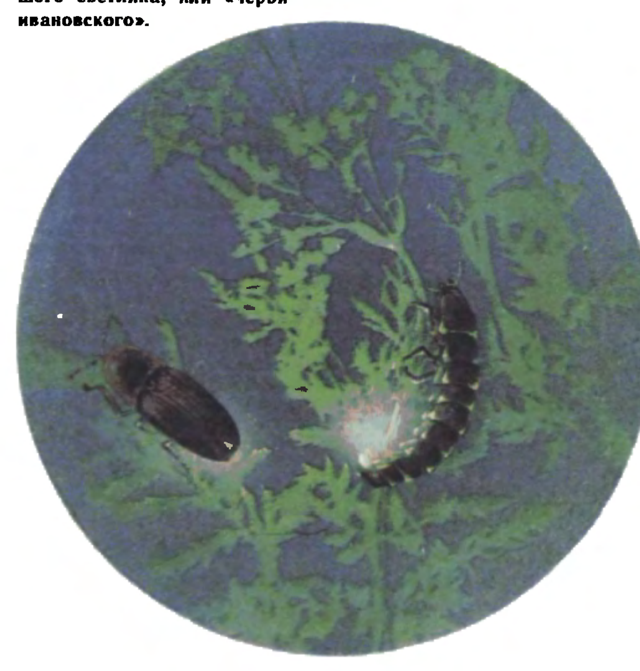
БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

Биолюминесценция — свечение организмов, связанное с процессом их жизнедеятельности. Способность к свечению широко распространена среди *бактерий,* грибов, водорослей и жи-

Светящиеся животные: *1* — **медуза;** *2* — **рыба-дракон, нападающая на светящихся анчоусов;** *3* — **глубоководный кальмар;** *4* — **глубоководная креветка, защищаясь, выбрасывает светящееся облако;** *5* — **глубоководный удильщик, приманивающий жертву.**

вотных почти всех типов. Из простейших светятся некоторые лучевики (радиолярии) и жгутиконосцы; из кишечнополостных — гидроидные полипы, медузы, сифонофоры, морские перья, актинии. Известны светящиеся черви и моллюски. Свечение свойственно многим членистоногим, в особенности ракообразным и насекомым. Из иглокожих светятся только офиуры, а из хордовых — первичнохордовые и рыбы.

Самец (*слева*) и самка большого светляка, или «червя ивановского».



У простейших люминесцирующие гранулы рассеяны по всей цитоплазме, а у многоклеточных фотогенные *клетки* или органы свечения сосредоточены в определенных местах.

Особенно хорошо изучено свечение жуков светляков, искорками вспыхивающее в темноте летними вечерами. Их органы свечения состоят из клеток, в которых содержатся два белковых вещества — люциферин и *фермент* люцифераза. Названия эти происходят от латинского слова lucifer — носитель света. Люциферин в присутствии люциферазы окисляется. При окислении выделяется энергия, большая часть которой (до 92%) превращается в свет. Свечение светляков происходит только в темноте и служит им для опознавания друг друга.

Среди сухопутных животных мало светящихся, в основном это жуки, а вот среди обитателей морей и океанов свечение широко распространено. Многие светящиеся животные обитают на большой глубине, куда не доходит солнечный свет. Особенно много светящихся рыб; у некоторых из них светящиеся органы расположены по всему телу — как будто целая

гирлянда электрических лампочек. Есть светящиеся животные и среди обитателей пещер (некоторые малощетинковые черви).

У многих животных светящиеся органы состоят не только из клеток, излучающих свет, но и из таких клеток, которые отражают и преломляют свет. Эти сложно устроенные органы напоминают прожектора.

Животное может светиться и «за чужой счет». В этих случаях свет испускают живущие на нем светящиеся микроорганизмы.

Как правило, вспышки органов свечения прерывисты, они наступают только в ответ на раздражения. В этих процессах может участвовать как *нервная система,* так и гормональные механизмы (см. *Гормоны*). Свечение, вызванное микроорганизмами, непрерывное. Однако рыба фонареглаз свои светящиеся органы с бактериями (расположенные под глазами) может прикрывать специальной шторкой вроде века. У рыбы удильщика фонарик — орган со светящимися бактериями — находится на конце своеобразной «удочки», находящейся на голове. Рыба может его произвольно зажигать и гасить, расширяя или сжимая подходящие к нему кровеносные сосуды. Свет фонарика привлекает рыбешек и рачков; как только они приближаются к светящейся приманке, удильщик заглатывает добычу. Глубоководные животные используют свечение не только для привлечения добычи, но и для предостережения и отпугивания врагов.

Органы свечения испускают холодный свет: при свечении их клеток почти вся энергия превращается в световую. Они гораздо экономичнее электрических лампочек, в которых большая часть энергии превращается в тепловую.

БИОНИКА

В 60-х гг. в науке появилось новое направление — бионика (от греческого слова bion — элемент жизни, живущий), объединяющее интересы биологии и техники. Цель новой науки — решение инженерных и технических задач на основе изучения структуры и жизнедеятельности живых организмов. Решающим толчком к формированию бионики явилось, вероятно, открытие эхолокации у летучих мышей. В 50-е гг. инженеры затратили много усилий, чтобы создать принципиально новый прибор — эхолокатор, который на основе отраженного эха (звукового, радио и т. п.) позволял обнаруживать цель. Оказалось, однако, что природный эхолокатор летучих мышей, возникший за миллионы лет до появления человека на Земле, гораздо совершеннее. Это послужило стимулом к сознательному поиску в живой природе решения многих инженерно-технических задач.

Еще в эпоху Возрождения выдающийся итальянский ученый Леонардо да Винчи пытался сконструировать орнитоптер — летательный прибор с машущими, как у птиц, крыльями. Сегодня уже немало технических решений заимствовано у природы. По типу строения кожи дельфинов создана мягкая обшивка для подводных судов, позволяющая увеличить их скорость под водой на 15—20% без увеличения мощности двигателя (за счет гашения возникающих турбулентных завихрений воды у корпуса судна). По типу строения жужжальца насекомых создан специальный навигационный прибор для самолетов — жиротрон, который позволяет обеспечивать высокую стабилизацию полета самолета на больших скоростях.

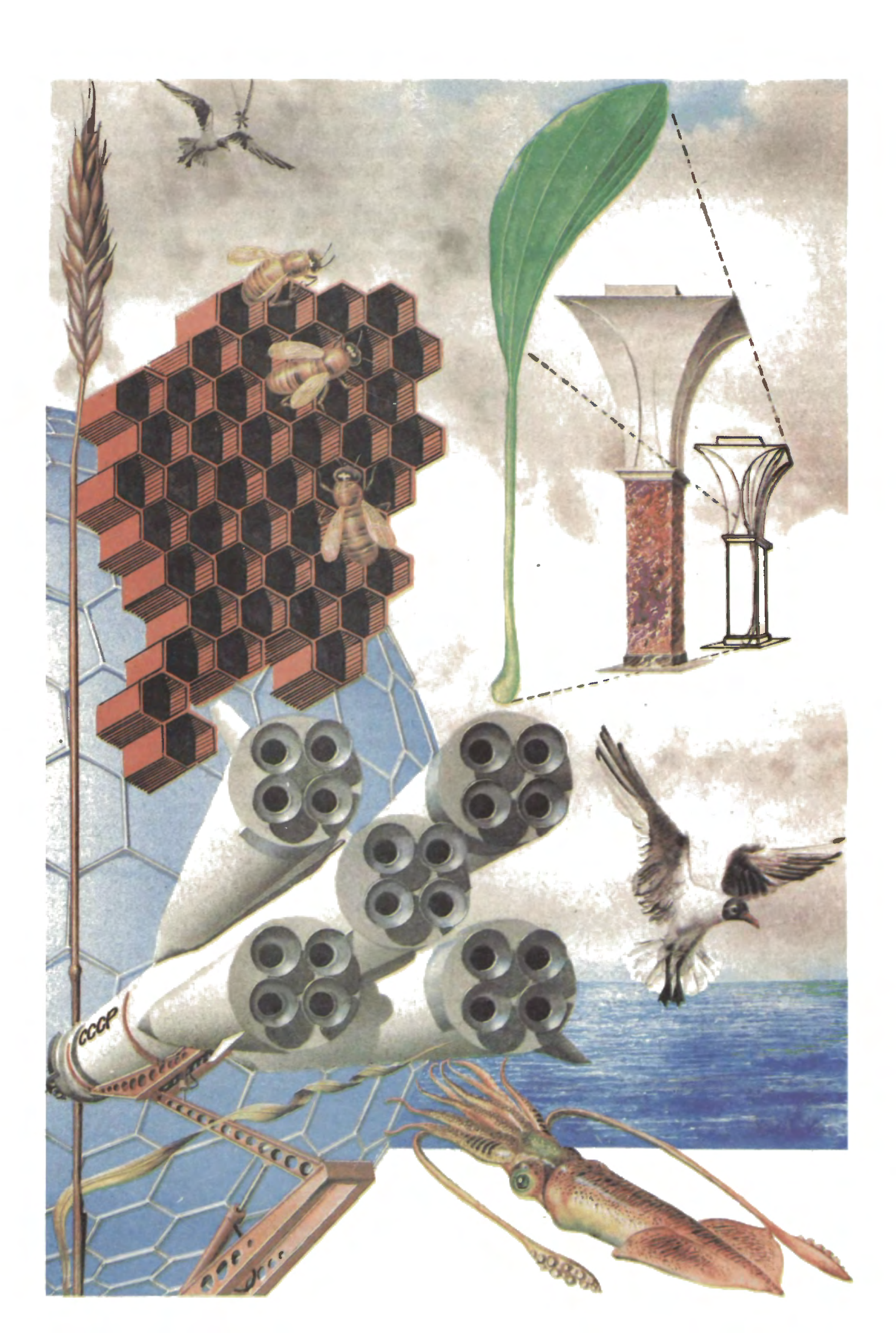
В шагающих роботах используются принципы сочленения ног насекомых. Анализ структуры кости, строения соломины злаков и других подобных биологических объектов лежит в основе нового направления в архитектуре — архитектурной бионики, предлагающей строителям совершенно новые формы экономичных и устойчивых сооружений, например дома, построенные по типу пчелиных сот, или дома-раковины. Ученые исследуют и моделируют анализаторы животных, чтобы создать новые датчики и системы обнаружения в технике, изучают нейронные сети в организме для совершенствования вычислительной техники и различных автоматических и телемеханических устройств и т. п.

Запас бионических идей у природы практически неисчерпаем. Чаще всего оказывается, что человек не в состоянии пока подобрать нужные материалы для прямого моделирования того или иного технического решения, осуществленного в живой природе. Например, усатые киты способны издавать инфразвуки, распространяющиеся в океане на сотни километров. Чтобы издать звуки такой мощности, человеку нужны системы размером с четырехэтажный дом, а у китов для этого существует орган (гортанный мешок) объемом не более 1,5—2 м^3. Поэтому исследования концентрируются на более простых, технически воспроизводимых природных образцах и на поиске принципиально новых технических идей, подсказанных природой, без обязательного моделирования природного решения этих идей.

Несомненно, бионика — наука будущего, у нее замечательные перспективы практически во всех отраслях современной техники.

Человек издавна не только восхищается поразительной приспособленностью животных и растений к условиям окружающей среды, но и учится у природы, сознательно или бессознательно подражает ей.




СССР

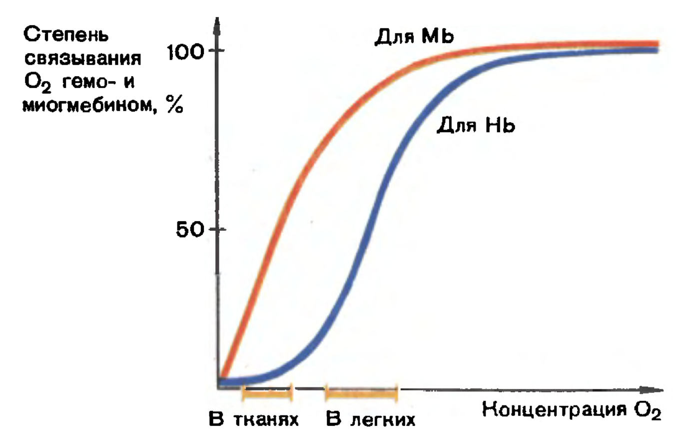
БИОПОЛИМЕРЫ

Полимеры (от греческих слов polys — многий, многочисленный и meros — доля, часть) — вещества, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся звеньев (мономеров) и потому называются также макромолекулами (от греческого слова makros — большой).

Это высокомолекулярные соединения, обладающие большой молекулярной массой (10^3—10^9 дальтон). К биополимерам относятся природные соединения — *белки, нуклеиновые кислоты,* полисахариды и их производные (см. *Углеводы*). Они являются структурной основой живых организмов и играют важную роль в процессах жизнедеятельности.

Макромолекулы полимеров образуются в результате реакций полимеризации или конденсации мономеров — низкомолекулярных соединений. При полимеризации образование ковалентных связей между мономерами происходит, как правило, без отщепления низкомолекулярных соединений. При конденсации обычно отщепляется часть мономера, и его остаток становится звеном полимера.

Кооперативное взаимодействие функциональных групп биополимера — белка гемоглобина. Объяснение в тексте.



По форме макромолекулы — это линейные (белки, нуклеиновые кислоты, целлюлоза) либо ветвящиеся (гликоген) цепи. Благодаря такой структуре, возникшей в процессе *эволюции,* биополимеры, как и другие высокомолекулярные соединения, имеют замечательные свойства.

Во-первых, их взаимодействие отличается кооперативностью — тесной взаимосвязанностью всех функциональных групп: взаимодействие одних групп полимера изменяет характер взаимодействия других его групп. Пример такого кооперативного взаимодействия — связывание молекулы кислорода белком, содержащимся в эритроцитах *крови,* — гемоглобином (см. рис.). Молекула гемоглобина состоит из двух пар полипептидных цепочек, каждая из которых связана с гемом (железосодержащее соединение, красящее вещество гемоглобина), способным присоединять 1 молекулу кислорода. Поэтому гемоглобин может присоединить к себе до 4 молекул кислорода. Присоединение каждой из них облегчает присоединение следующей, а потеря одной из них — потерю следующей. Благодаря этому гемоглобин легко насыщается кислородом, когда кровь течет по легочным капиллярам, и легко отдает его в *тканях,* где концентрация кислорода снижается. Таким образом осуществляется транспорт кислорода в организме теплокровных животных и человека.

Миоглобин — белок мышц — имеет одну полипептидную цепь, связанную с гемом, и присоединяет лишь 1 молекулу кислорода (некооперативно). Он легко насыщается кислородом, но с трудом его отдает. Поэтому миоглобин выполняет функцию «депо» кислорода в тканях, кислородное голодание которых наиболее опасно для организма, например в мышце сердца.

Во-вторых, замечательное свойство биополимеров — способность образовывать так называемые интерполимерные комплексы. Они могут возникать между отдельными частями молекулы и между разными молекулами. Образование внутримолекулярных комплексов обусловливает вторичную структуру белков и нуклеиновых кислот. Межмолекулярные комплексы определяют двуспиральную структуру ДНК, правильность взаимодействия тРНК и мРНК при биосинтезе белка (см. *Трансляция*) и др. Благодаря образованию комплексов и другим свойствам биополимеров осуществляются биосинтез белков, нуклеиновых кислот, регуляция *обмена веществ,* реакции *иммунитета* и другие важнейшие биологические процессы.

БИОСФЕРА

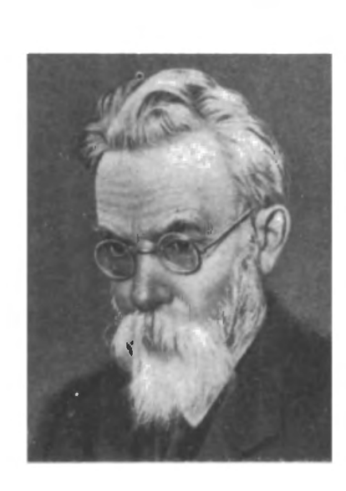
Слово «биосфера» (от греческого слова bios — жизнь и «сфера») появилось в 1875 г. в работе австрийского геолога Э. Зюсса, но только начиная с 1926 г., когда вышла в свет замечательная книга *В. И. Вернадского* «Биосфера», оно получило широкое распространение в науке. Учение В. И. Вернадского о биосфере заставило научный мир по-новому взглянуть на нашу Землю.

Биосфера — это область распространения живого на планете. Живые организмы населяют всю гидросферу — до дна самых глубоких океанических впадин (более 11 тыс. м), нижние слои атмосферы (до высоты, по-видимому,

около 20 км) и верхние слои литосферы. В литосфере организмы с подземными водами могут опускаться на очень большие глубины — до 1—2 км.

Биосфера с точки зрения физических процессов — открытая энергетическая система, со входом и выходом. Энергетический вход — это главным образом солнечная энергия. Энергия поглощается первичными продуцентами — *автотрофами* (в основном зеленые растения), которые производят органическое вещество. Это органическое вещество (биомасса растительных организмов) — основа для существования всех остальных групп организмов — *гетеротрофов*. Все живые организмы образуют гигантский биологический круговорот биосферы, который не вполне замкнут. На выходе из этого круговорота находятся неорганические соединения, остающиеся после деятельности микроорганизмов-минерализаторов (деструкторов, или редуцентов, которые разлагают остатки живых организмов), а также не до конца разложенные остатки организмов, образующие за геологические периоды залежи

ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ ВЕРНАДСКИЙ (1863—1945)



Академик Владимир Иванович Вернадский отличался разнообразием и широтой научных интересов и открытий, талантом научного предвидения. Темы его работ касаются времени и пространства, жизни и смерти, почвы и воды, животных, растений и человечества. Он не просто интересовался всем этим, но исследовал, осмысливал и постигал глубоко и страстно.

Его жизнь была богата событиями: окончив Петербургский университет, он много путешествовал, встречался с интересными людьми, был активным в общественной жизни, и всегда главным для него оставалась напряженная деятельность, движение научной мысли.

В творчестве Вернадского сплелись в один узел химия, геология и биология. Он стал основоположником целого ряда наук — геохимии и биогеохимии, радиогеологии и учения о *биосфере*. Его исследования начались с минералогии. Однако ученый скоро понял, что интересуют его не столько предметы, сколько процессы. Как мог образоваться состав земной коры, каким является охваченное жизнью вещество биосферы? «Мне суждено сказать новое в учении о живом веществе. Это учение может оказать такое же влияние, как книга Дарвина», — писал Вернадский. До него понятие «биосфера» отождествлялось с пленкой жизни, а она ускользала от внимания геологов из-за своей ничтожности по сравнению с атмосферой, гидросферой или земной корой (литосферой). В своей книге «Биосфера» ученый впервые показал, что биосфера — закономерный результат развития нашей планеты, ее верхней области — земной коры. Живые организмы в биосфере не случайные гости, а часть закономерной организованности.

В последние годы жизни ученый пришел к выдающемуся философскому открытию — идее перехода биосферы в *ноосферу* — сферу разума. Учение В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере в наше время стало основой экологической стратегии человечества, от которой зависит его будущее.

В. И. Вернадский был выдающимся организатором науки. Он создатель и первый ректор Крымского университета, первый президент Академии наук Украинской ССР, директор организованного им Государственного радиевого института, Отдела живого вещества Академии наук СССР, ставшего впоследствии Институтом геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского.

Владимир Иванович удивительным образом сочетал качества ученого-теоретика, практика и общественного деятеля. Во время учебы в Петербургском университете он принимал активное участие в работе студенческих народнических кружков вместе с А. И. Ульяновым — старшим братом В. И. Ленина. В знак протеста против реакционных царских реформ высшей школы он демонстративно ушел из Московского университета вместе с группой прогрессивных ученых (среди которых был также *Н. К. Кольцов*), в годы Великой Отечественной войны он выступал со страстными обличениями фашизма.

Выдающийся ученый был награжден Государственной премией СССР.

В. И. Вернадский оставил после себя огромное число фундаментальных научных работ, значение многих из них растет с каждым годом. Его идеи развивают многочисленные ученики и последователи.

В Академии наук СССР учреждены премия и золотая медаль имени В. И. Вернадского — одни из высших научных наград СССР.

каменного угля, сапропеля (ил, образованный из перегнивших остатков растений и животных), торфа и т. п.

В. И. Вернадский показал, что возникновение биосферы — результат сложного процесса *эволюции* всей планеты, развития живого вещества «как планетарного явления». Биосфера возникла на Земле не менее 4,5 млрд. лет тому назад. На первых этапах эволюции атмосфера планеты содержала мало кислорода, но после возникновения и развития растений постепенно обогащалась кислородом, что послужило одним из условий для развития большинства групп животных.

Жизнь на нашей планете поддерживает в равновесном состоянии газовый состав атмосферы, состав морских и пресных вод, влияет на климат и плодородие почв. Человечество все более и более вторгается в жизнь биосферы, изменяя течение процессов биологического круговорота.

Биосфера, хотя и является единой, взаимосвязанной системой, в свою очередь состоит из биогеоценозов — небольших участков пространства с населяющими их живыми организмами, со своими энергетическими входами и выходами (см. *Экосистема и биогеоценоз*).

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Это отрасль промышленности, использующая биохимические механизмы живых организмов.

Первыми «биотехнологами» были древние земледельцы, обнаружившие, что, добавив дрожжи в тесто, можно выпекать пышный и мягкий хлеб, а виноградный сок подобным образом превращать в вино. Здесь человек использовал реакцию *гликолиза*. Долгое время биотехнология применялась лишь в пищевой и легкой промышленности (приготовление хлеба, сыра, вина, пива, кумыса, кефира, уксуса, обработка льна и кож и т. д.). Сейчас возможности ее необычайно расширились. Биотехнологические методы во многих случаях выгоднее обычных, так как в живых организмах химические реакции, катализируемые *ферментами*, идут при низких температурах и давлении и не требуют реактивов, отравляющих среду. Например, виноградный сахар (глюкозу) можно получать кипячением клетчатки (целлюлозы) в серной кислоте (продукт — патока), а при добавлении соответствующего фермента реакция идет быстро даже при 37°С.

Биотехнологи используют соответствующие *штаммы бактерий* и грибов, выведенные методами *селекции* и *генной инженерии*. Все чаще используют не сами микроорганизмы, а выделенные из них ферменты.

Биотехнология дает не только пищевые продукты, но и лекарства, *гормоны*, разнообразные химические вещества, синтез которых затруднителен, кормовые и пищевые *белки* и многое другое. Биотехнология проникает и в тяжелую промышленность, в том числе и металлургию. Уже в древности первые металлурги получали железо из болотных руд, производимых железобактериями, которые способны концентрировать железо. Сейчас разработаны способы бактериальной концентрации других поливалентных металлов (марганца, меди, хрома и т. д.). Таким способом удается разрабатывать отвалы старых рудников и бедные месторождения, добыча из которых прежними способами экономически невыгодна.

У биотехнологии многообещающие перспективы. Используя методы, уже освоенные природой, биотехнологи надеются в ближайшем будущем получать с помощью *фотосинтеза* органические соединения, водород (экологически чистое топливо будущего), электроэнергию, превращать в аммиак атмосферный азот при обычных температуре и давлении.

БИОЦЕНОЗ

Биоценоз (от греческих слов bios — жизнь и koinos — общий) — совокупность растений, животных, грибов, микроорганизмов, населяющих определенный участок суши или водоема — биотоп. Все они связаны как между собой, так и с абиотическими факторами *среды обитания*.

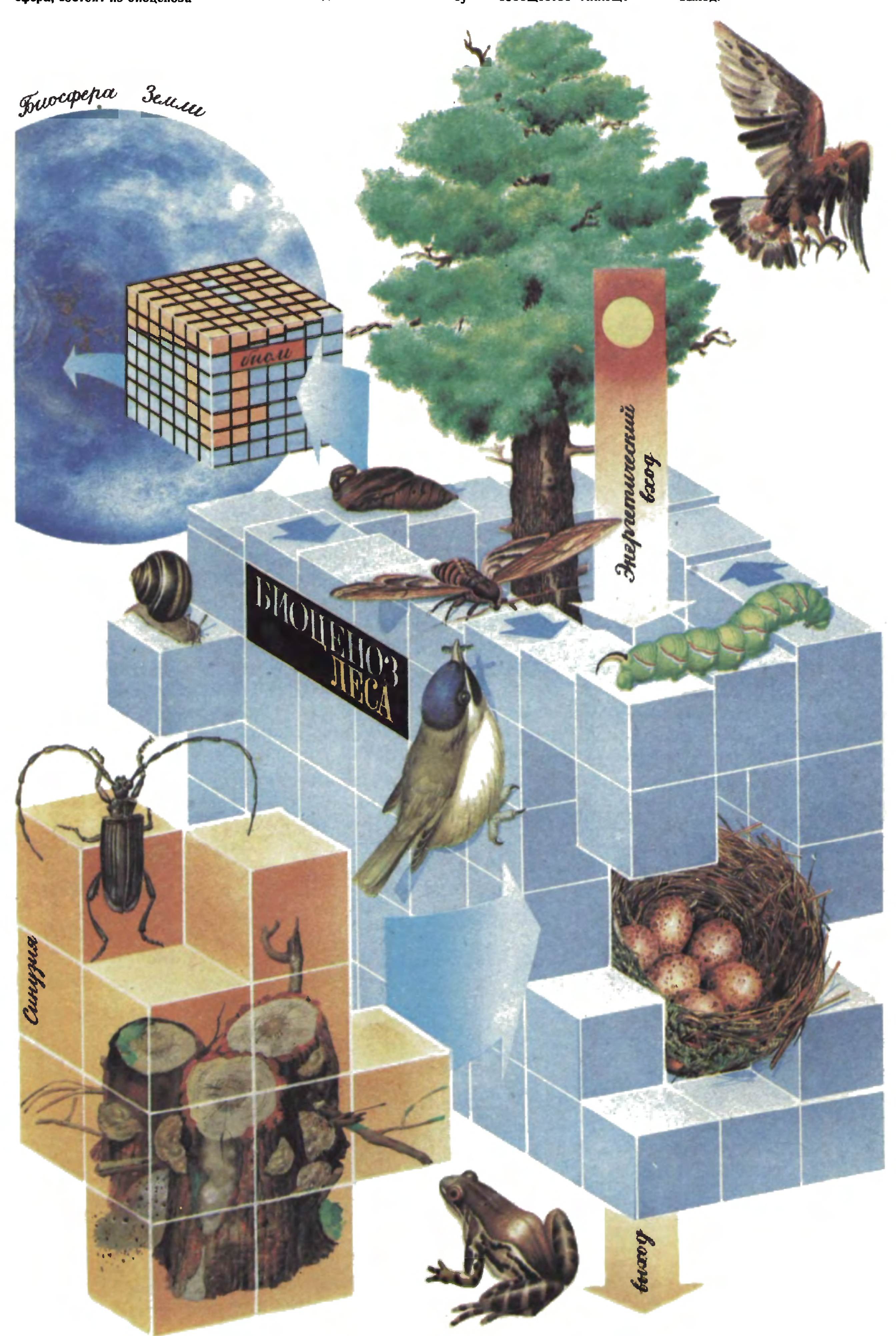
В любой биоценоз входят продуценты (производители) — организмы-*автотрофы*, способные создавать органическое вещество из неорганического за счет солнечной энергии или некоторых химических реакций; консументы (потребители) — организмы-*гетеротрофы*, питающиеся другими организмами (см. *Пищевые цепи*); и редуценты (восстановители) — животные, питающиеся разлагающимися остатками организмов (сапрофаги), и непаразитирующие гетеротрофные микроорганизмы. Редуценты способствуют минерализации органического вещества, его переходу в состояние, усвояемое продуцентами.

Термин «биоценоз» впервые предложил немецкий биолог К. Мёбиус в 1877 г.

Биоценоз и биотоп вместе составляют биогеоценоз (см. *Экосистема и биогеоценоз*).

Биоценоз животных и растений смешанного леса средней полосы включает несколько сотен видов растений и животных, сообщества некоторых тропических лесов — несколько тысяч видов. Есть сообщества, состоящие почти полностью из животных, например коралловый риф. Одно сообщество обычно без рез-

Биогеоценозы — «кирпичики», из которых сложена вся биосфера, состоят из биоценоза (например, биоценоз леса — *(в центре)* и биотопа. Внутри них можно выделить более мелкие объединения организмов, (синузии), например, в лесу — сообщество гниющего пня. В каждом биогеоценозе есть энергетический вход и выход.



кой границы переходит в другое. Опушка леса, берег реки с обитающими здесь как полуводными, так и луговыми растениями — примеры таких переходных зон (экотонов). Иногда именно в экотонах наблюдается наибольшее разнообразие живых организмов. Так, например, на опушках видов птиц чаще заметно больше, чем в глубине леса.

В составе биоценоза обычно легко выделить «центры притяжения» — вид или группу видов, наиболее многочисленные и определяющие продуктивность всего сообщества: в дубраве это дуб, на мидиевой банке — мидии. Иногда внутри сообщества можно выделить более мелкие территориальные объединения организмов, например в той же дубраве это сообщество гниющего пня, включающее грибы, муравьев, жуков, многоножек, моллюсков и множество простейших.

Отпечатки пальцев однояйцевых близнецов (*вверху и внизу*) совершенно идентичны.



БЛИЗНЕЦЫ

Не так уж редко рождается не один ребенок, а два и больше. Частота появления на свет двойняшек — около 1%, а вот пять детей появляются не более чем один раз на 54 млн. родов. Различают разнояйцевых (РБ) и однояйцевых (ОБ) близнецов. РБ — это братья и сестры, родившиеся одновременно, они развиваются из разных яйцеклеток и могут быть разного пола. ОБ рождаются, если зигота (а у некоторых животных развивающаяся неоплодотворенная яйцеклетка) делится один, два и более раз и разделившиеся клетки продолжают развиваться самостоятельно. У ОБ одинаковые генетические программы, поэтому они поразительно похожи друг на друга. Они всегда одного пола, у них одинаковая группа *крови*, одинаковые отпечатки пальцев и почерки, их путают даже родители и не различают по запаху собаки.

Только у ОБ на 100% удаются пересадки органов, например почек, — ведь набор *белков* у них одинаков и пересаженные *ткани* не отторгаются.

У человека рождение близнецов все-таки исключение (хотя, например, уроженка Австрии Шейнберг родила 69 детей за 27 родов — 4 четверни, 7 тройняшек и 16 двойняшек). А вот броненосцы (отряд неполнозубых) всегда рождают от 4 до 12 ОБ. Паразитические перепончатокрылые — наездники, откладывающие яйца в гусениц бабочек, дают несколько десятков ОБ.

Для генетиков интересен каждый факт рождения ОБ (или, как их еще называют, идентичных близнецов). Они дают возможность измерить относительное влияние среды и *наследственности* на признаки организма. Ведь *генотипы* ОБ одинаковы, и, значит, все различия между ними определяются только средой. С этой целью обычно сравнивают ОБ и РБ. Близнецовый метод важен для выяснения наследственной предрасположенности к разным

Пять сестер — пример схожести однояйцевых близнецов.



Внутривидовая борьба за существование. У сорокопутов-жуланов при кладке из 6 яиц и бескормице младшие птенцы все больше отстают в развитии от старших, которые перехватывают у них добычу. В конце концов младшие погибают.



болезням. Например, если один из ОБ болен шизофренией, то и второй заболевает в 69% случаев. Для РБ такое совпадение — только в 10% случаев. Соответствующие цифры для эпилепсии — 67 и 3%, для сахарного диабета — 65 и 18%. Значит, наследственная предрасположенность к этим болезням весьма высока. Ясно, что эти данные очень важны для медицины.

БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ

«Борьба за существование» — это не совсем удачный перевод английского выражения, употребленного *Ч. Дарвином,* — struggle for life. Слово the struggle означает не только «борьба», но и «напряжение», «усилие», «противодействие». Нельзя видеть в слове «борьба» только кровавую схватку и полагать, что борьба за существование происходит только между волками и зайцами, а между зайцами ее нет, поскольку заяц зайца не ест. Дарвин указывал, что этот термин — метафора. В этой борьбе побеждает тот, кто успешно преодолеет неблагоприятные условия и оставит потомство. При этом физический контакт между победителем и побежденным необязателен. Борьбу за существование можно уподобить соревнованию. Но приз в этой борьбе природы не золотая медаль, а право оставить потомство, продлить жизнь в будущем поколении. Это процесс взаимодействия каждой особи вида с окружающей средой.

Различают две основные категории борьбы за существование — внутривидовую и меж-



К межвидовой борьбе за существование относятся взаимоотношения между хищником и жертвой. На снимке: соболь со своей добычей.

видовую. Они приводят к разным результатам. Борьба за существование между особями одного вида часто приводит к его дифференциации — разделению на разновидности, поразному использующие ресурсы окружающей среды. Это снижает конкуренцию, а разновидности порой становятся родоначальниками новых видов. Конкуренция может быть активной (за пищу, гнездовой участок, за самку в период размножения) и пассивной (по устойчивости к болезням и паразитам, противодействию хищникам и неблагоприятным климатическим условиям).

Межвидовая борьба включает и так называемую прямую борьбу (отношения «хищник — жертва»), и конкуренцию между особями разных видов за пищу, территорию для размножения и т. д. В результате прямой борьбы совершенствуются приспособления как хищника, так и жертвы. Конкуренция приводит часто к вытеснению одного вида другим. Так, например, серая крыса везде потеснила черную. Подобные примеры знал еще Дарвин — в Австралии европейская пчела вытеснила местные виды. В мире растений также можно видеть, как один вид завоевывает себе место под солнцем, прежде занятое другими.

Борьба за существование тесно связана с *естественным отбором*. Побеждают в ней те особи, которые сохранены естественным отбором и допущены к размножению. Это направляющий фактор *эволюции*. Где нет борьбы, там эволюция останавливается.

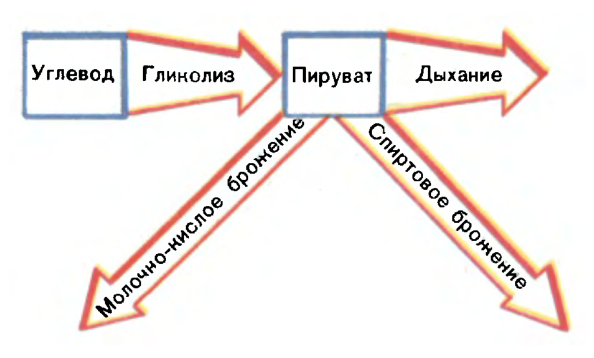
В популяциях первобытных людей уже на очень ранней стадии выработался новый тип отношений — социальные, и значение внутривидовой борьбы за существование постепенно уменьшилось в эволюции человека.

БРОЖЕНИЕ

Брожение — это процесс ферментативного расщепления органических веществ, главным образом *углеводов*, протекающий в анаэробных условиях под действием микроорганизмов. Оно служит источником энергии для деятельности микроорганизмов. Главное клеточное «топливо» при анаэробном получении энергии — шестиуглеродные сахара, в первую очередь глюкоза. Некоторые *бактерии* обладают способностью извлекать энергию, сбраживая пятиуглеродные сахара, жирные кислоты или *аминокислоты*. Важную роль играют два тесно связанных между собою способа сбраживания глюкозы: молочнокислое и спиртовое брожение.

При молочнокислом брожении шестиуглеродная молекула глюкозы расщепляется на 2 трехуглеродные молекулы молочной кислоты, которая представляет собой единственный конечный продукт этого процесса. Такой тип расщепления глюкозы свойствен многим микроорганизмам, а также клеткам большинства высших животных, в том числе и млекопитающих. Его называют *гликолизом*.

Схема, поясняющая процесс брожения и его связь с процессами гликолиза и дыхания.



При спиртовом брожении шестиуглеродная молекула глюкозы расщепляется на 2 молекулы этилового спирта (C_2H_5OH) и 2 молекулы углекислого газа (CO_2). Спиртовое брожение осуществляется тем же ферментативным путем, что и гликолиз, с той разницей, что последняя, завершающая реакция заменена здесь двумя другими, в результате которых трехуглеродные фрагменты разрушаются до этанола и двуокиси углерода:

$$C_6H_{12}O_6 + 2Ф_н + 2АДФ \longrightarrow$$
$$\underbrace{2CH_3CH_2OH}_{\text{этиловый спирт}} + 2CO_2 + 2АТФ + 2H_2O$$

с образованием 2 молекул АТФ. Большинство других типов сбраживания глюкозы (муравьинокислое, маслянокислое, пропионовокислое, ацетоно-бутиловое брожение и др.) — варианты основного пути, т. е. гликолиза. Процесс брожения сопровождается образованием АТФ из АДФ и фосфата.

Поскольку живые организмы впервые появились на Земле в то время, когда ее атмосфера была лишена кислорода, анаэробное брожение следует рассматривать как простейший биологический механизм, обеспечивающий получение энергии из питательных веществ.

Процессы брожения находят большое практическое применение. Благодаря молочнокислым *бактериям* получают силос, сенаж — ценные корма для животноводства, продукты питания — квашеную капусту, соленые огурцы, кефир, кумыс, простоквашу, ряженку, сыры и др. Спиртовое брожение лежит в основе получения вин, пива. С помощью микроорганизмов получают муравьиную, молочную, пропионовую кислоты, ацетон, некоторые спирты.

В

ВИД И ВИДООБРАЗОВАНИЕ

Вид — основная структурная единица в системе живых организмов, качественный этап их *эволюции*. Это одно из самых сложных и самых важных понятий в биологии. Достаточно сказать, что до сих пор нет общепринятого определения понятия «вид», как и понятия «жизнь». Впервые этот термин использовал английский систематик Дж. Рей в 1693 г. Он различал виды по двум показателям (категориям): все особи вида имеют практически одинаковые признаки, и все они могут свободно скрещиваться, передавая свои признаки потомкам. *К. Линней* развил учение о виде. Он считал виды неизменяемыми, однако допускал, что новые виды могут возникать в результате межвидового скрещивания. В основу своей системы Линней положил морфологический критерий — различия во внешнем строении и отчасти в анатомии. Однако этот критерий нередко подводил, например в первом издании своей «Системы природы» Линней описал селезня и утку кряквы как разные виды.

Современник Линнея французский естествоиспытатель Ж. Бюффон считал, что к одному виду относятся только те особи, которые при скрещивании дают плодовитое потомство. Межвидовые гибриды бесплодны. Этот критерий нескрещиваемости упоминается и сейчас во многих определениях вида.

Как и Линней, многие его современники считали виды неизменяемыми. Лишь *Ж. Б. Ламарк,* создатель первого эволюционного учения, столкнулся с парадоксом: если виды изменяются и один может превращаться в другой, то как провести между ними границу? Ламарк сделал отсюда вывод, что виды существуют только в представлении систематиков, а в природе имеются только отдельные особи, связанные друг с другом постепенными переходами. Иными словами, если нет четких границ между видами, то нет и самих видов.

Систематики не могли согласиться с этим, поскольку знали, что в природе встречаются виды и связанные постепенными переходами, и четко отграниченные друг от друга. Но где же в таком случае промежуточные формы?

На этот вопрос ответил в 1859 г. *Ч. Дарвин.* Его точка зрения практически не отличается от современной. Дарвин не сомневался во временном существовании видов и писал: «...я полагаю, что виды обладают довольно хорошо определенными границами и ни в какой период не бывает неразрешимого хаоса изменяющихся и промежуточных звеньев». Но кроме видов есть и разновидности, не имеющие между собой четкой границы. Разновидность — это начинающийся вид, а вид — хорошо обособившаяся разновидность. Промежуточные формы между разновидностями, менее приспособленные к условиям среды, вымирают относительно быстро — в течение немногих десятков или сотен поколений.

В современное понятие вида входит представление о *популяции.* Популяция — это совокупность особей, обитающих в одном месте и свободно скрещивающихся между собой. В популяции особенно интенсивно идет непрерывный обмен *генами,* поддерживающий ее единство. Поэтому вид — это группа популяций, особи которых могут скрещиваться в естественных условиях, но изолированы от других таких же групп — других видов.

С этим определением тоже не все благополучно. Как можно применить его для вымерших форм, например двух форм динозавров? Мы не можем проверить, скрещивались ли они между собой. Непригодно оно также для видов, у которых вообще отсутствует половой процесс, а значит, и нет обмена генами. Амебы размножаются, например, только простым делением, между ними нет обмена генами. Значит, у амеб столько видов, сколько особей?

Сложность также и в том, что генетическая изоляция одного вида от другого не абсолютна. Описаны случаи *гибридизации* между разными видами рыб, например между плотвой и лещом, и между другими животными. В США есть два вида жаб — американская, обитающая в лесах, и травяная, предпочитающая луга. После сведения лесов началась интенсивная межвидовая гибридизация, виды стали гораздо ближе друг к другу по внешним признакам, но потом, через 50 лет, между ними снова установилась почти полная изоляция. Теперь они обитают совместно, но не скрещиваются, потому что в период размножения кричат по-разному и самцы и самки разных видов не узнают друг друга. Следовательно, изоляция может возникнуть уже после видообразования.

Есть и более трудные для систематики случаи. Под Москвой обитают два близких, не смешивающихся друг с другом вида мышей — лесная и желтогорлая. В направлении с севера на юг и с востока на запад различия между ними по всем признакам убывают, и где-нибудь в Армении они ведут себя как легко скрещивающиеся разновидности в пределах одной популяции! Есть такие казусы среди саламандр и у некоторых насекомых.

Известны «ряды» и «кольца» видов. Североамериканская леопардовая лягушка распространена от Канады до Флориды. Все соседние популяции скрещиваются друг с другом, но крайние члены ряда — канадские и флорид-



Структура рода Лошадь (Equus). Как бы ни отличались внешне породы домашних лошадей, например пони (*1*), тяжеловоз (*2*) и верховая (*3*), они относятся к одному виду. Лошадь Пржевальского (*4*) — другой вид, близкий к домашней. Кулана (*5*), зебр (*6*) и ослов (*7*) выделяют в отдельные подроды; у них с домашними лошадьми более отдаленное родство.

ские — не образуют плодовитых гибридов. Значит, это разные виды, но граница между ними «размазана» по всей территории США. Еще более удивителен пример с чайками на побережье Северного Ледовитого океана. Места их гнездовий охватывают кольцом весь Арктический бассейн, каждая популяция может скрещиваться с соседней на востоке и на западе. Кольцо смыкается в Северной Атлантике. Его концы — серебристая чайка и клуша, обитая совместно, не скрещиваются. Только в Исландии они почему-то скрещиваются, и отчаявшиеся систематики выделяют исландских чаек в самостоятельный вид — серебристая клуша.

Эти каверзные случаи легко объяснимы, если вспомнить, что видообразование длится многие десятки, а то и сотни поколений. Этот срок обычно во много раз меньше среднего времени существования вида. Но если мы обнаруживаем в природе промежуточные формы между видами, значит, видообразование еще не завершено.

Отсюда вывод: не существует какого-либо абсолютного критерия вида, будь то морфологические различия или нескрещиваемость. Иными словами, нельзя пользоваться одним рецептом, выписанным раз и навсегда.

Вот если бы виды возникали скачком, на протяжении одного поколения, сразу изолированные, тогда такой критерий мог иметь место. Скачкообразным видообразованием считают иногда возникновение полиплоидов (см. *Полиплоидия*) или же особей с крупными хромосомными перестройками (см. *Хромосомы*, *Мутация*), сразу ставящими генетический барьер между изменившейся особью и другими членами популяции. Но такие изменения генетического аппарата — события единичные. Мутировавшая особь не найдет себе пары и не оставит потомства. Этот путь видообразования возможен только у растений, способных размножаться вегетативно и самоопыляться, и у животных, способных к *партеногенезу*. У таких организмов единичная обособившаяся особь может превратиться в популяцию, все члены которой на первых порах будут точными копиями друг друга (см. *Клон*). Но можно ли ее назвать новым видом? Ведь она нуждается в том же комплексе внешних условий, в котором нуждалась исходная популяция, откуда произошла особь-прародительница, или занимает ту же *экологическую нишу*.

У всех прочих организмов, для которых характерно половое *размножение*, видообразование идет постепенно. Сначала обособляются разновидности, несколько отличающиеся по отношению к разным условиям внешней среды. Например, одна форма озерной форели приспосабливается к питанию мелкими ракообразными и упавшими в воду насекомыми, а другая, более крупная, начинает хищничать. Промежуточные формы между ними менее приспособлены и к той и к другой экологической нише и не выдерживают конкуренции с крайними вариантами. Идет отбор на нескрещиваемость, поток генов между формами превращается в тоненький ручеек, а затем окончательно прерывается. Так возникают два самостоятельных вида, занимающие разные экологические ниши, не скрещивающиеся и не мешающие друг другу. Поэтому они могут существовать совместно, не нарушая принципа Гаузе.

Советский ученый Г. Ф. Гаузе открыл и доказал опытами важный принцип: два совместно обитающих вида не могут занимать одну и ту же экологическую нишу. Один вид неизбежно вытесняет другой. Так вытесняет рыжий таракан черного, узкопалый рак — широкопалого, серая крыса — черную. Принцип Гаузе можно назвать экологическим критерием вида. Он позволяет иногда разобраться в сложных ситуациях, когда вид представлен несколькими экологически различными формами, между которыми возможен обмен генами. Это полиморфные, многообразные виды.

В результате мы пришли к выводу, что четкой границы между видами иногда может и не быть. Абсолютного критерия для всех видов не существует — это определяется самим характером видообразования. Процесс перехода одного вида в другой обычно не скачкообразен, и генетическая изоляция между ними может не возникать (как в примере с американскими жабами). Лишь встречаясь друг с другом, такие виды или вырабатывают разные механизмы изоляции, или же сливаются в один, как чайки в Исландии. Бывает и наоборот — совместно обитающие виды образуют разные экологические ниши, генетически изолированы, а их внешние различия сведены к минимуму (пример — паразиты свиная и человеческая аскариды). Это так называемые виды-двойники. В процессе раздельной эволюции они в конце концов накапливают морфологические различия, и их уже можно различать. Но и тот и другой путь видообразования — свидетельство сложного, идущего непрерывно на наших глазах и управляемого многими механизмами процесса эволюции.

ВИРУСЫ

Еще в Древнем Риме вирусом называли любое болезнетворное начало (от латинского слова virus — яд). В 1892 г. русский биолог *Д. И. Ивановский* показал, что возбудитель мозаичной болезни табака проходит через бактериальные фильтры. Позднее этот возбудитель был назван фильтрующимся вирусом.

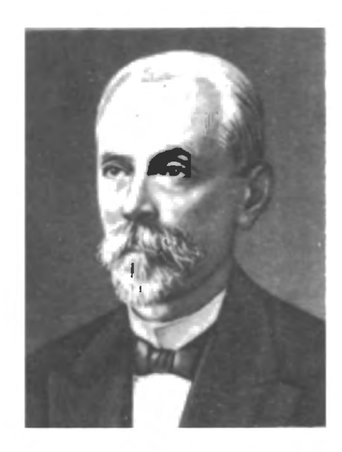
Сейчас название «фильтрующийся» в современной научной литературе не используется, хотя его можно встретить во многих старых учебниках. По современным представлениям, вирусы — это субмикроскопические объекты доклеточного уровня организации, способные проникать в живые *клетки* и воспроизводиться только внутри этих клеток. Но общепринятого определения вируса до сих пор нет.

Зрелая вирусная частица, или вирион, состоит из одной или нескольких молекул *нуклеиновых кислот* и белковой оболочки, в состав которой у ряда вирусов входят *углеводы* и *липиды*. *Генóм* большинства вирусов представлен двухцепочечной ДНК или одноцепочечной РНК, однако некоторые мелкие вирусы содержат одноцепочечную ДНК, а другие — двухцепочечную РНК. Молекулы нуклеиновой кислоты в вирионе могут быть линейными или иметь форму кольца. Число нуклеотидов в геноме колеблется от нескольких тысяч (например, 3,5 тыс. нуклеотидов у мелких *бактериофагов*) до сотен тысяч (например, 240—360 тыс. нуклеотидных пар у вируса ветряной оспы), а число генов в вирусном геноме — от 3 до 200.

Вирионы могут иметь разнообразные формы: икосаэдрические (аденовирусы, риновирусы, вызывающие респираторные заболевания человека, вирус гриппа, герпеса, мелкие бактериофаги, вирусы опухолевых заболеваний), нитевидные (мелкие бактериофаги), палочковидные (вирус табачной мозаики), похожие на кирпичи (вирус оспы) и более сложной структуры (бактериофаг T4). Размеры вирионов находятся в пределах от 15 до 1250 нм.

Те или иные вирусы заражают только определенные организмы и подразделяются на вирусы животных, растений и бактерий (бактериофаги). К вирусным болезням человека относятся оспа, корь, краснуха, ветряная оспа (ветрянка), паротит (свинка), гепатит (желтуха), ряд респираторных заболеваний. Бородавки также имеют вирусное происхождение, только этот вирус не передается, как, например, вирус гриппа, а встроен в одну из *хромосом* человека. Еще точно не известно, как передается вирус бородавки, но ясно одно: заразиться им не так просто.

Несмотря на разнообразие размеров и форм вирионов, все вирусы имеют одно общее свойство: находясь вне клетки, они не могут размно-



ДМИТРИЙ ИОСИФОВИЧ ИВАНОВСКИЙ (1864—1920)

Пока ученые вели в микробиологических лабораториях борьбу с возбудителями, видимыми в световые микроскопы, а *Л. Пастер* совершенствовал свою вакцину против бешенства, не зная природы его возбудителя, в Петербурге биолог Дмитрий Иосифович Ивановский совершил в 1892 г. важное открытие, ставшее краеугольным камнем новой науки — вирусологии.

Еще будучи студентом, Ивановский интересовался болезнями растений и изучал на Украине и в Молдавии распространение рябухи, уничтожавшей урожаи табака. Позднее его особенно заинтересовала мозаичная болезнь этого растения, ранее смешиваемая с рябухой.

Д. И. Ивановский проделал следующий опыт. Он растер листья больных растений, их сок процедил через полотно и при помощи капиллярных трубочек впрыснул эту жидкость в жилки здоровых листьев табака. Через две недели 80% инфицированных растений были поражены мозаичной болезнью. Ученый пропустил сок через фарфоровый фильтр, задерживающий бактерии, но инфекционные свойства его сохранились. Оказалось, что возбудитель мозаики не растет на обычных питательных средах, как бактерии. На заседании Императорской Академии наук в 1892 г. Ивановский доложил о результатах своих опытов. В заключении доклада он высказал гипотезу о бактериальном происхождении мозаичной болезни табака. Он полагал, что фильтрат содержит либо мельчайшие бактерии, либо токсин, выделенный ими и способный вызвать заболевание.

В 1898 г. независимо от Д. И. Ивановского такой же результат получил в Голландии К. Бейеринк. Он утверждал, что мозаику табака вызывает жидкое заразное начало, которое размножается только в живых растениях, убивается кипячением и сохраняет инфекционные свойства при высушивании.

В дальнейшем Ивановский обнаружил в клетках больных растений кристаллические включения и отстаивал мнение о том, что возбудитель мозаичной болезни имеет твердое инфекционное начало. Правы были оба ученых.

Особые организмы, вызывавшие болезнь, — *вирусы* мозаичной болезни табака — удалось увидеть впервые только в 1939 г. в электронный микроскоп. Однако именно 1892 год считается годом открытия этих новых организмов — вирусов.

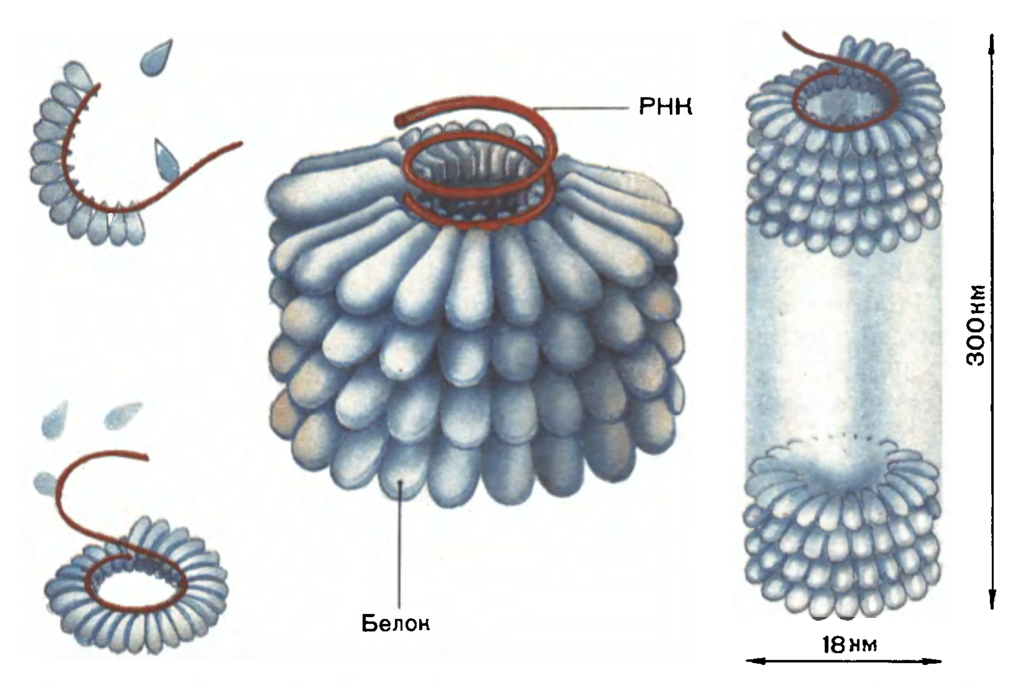


Схема сборки вируса мозаичной болезни табака из отдельных компонентов. Сначала молекулы белка «садятся» на молекулу РНК, и постепенно РНК с сидящими на ней белковыми субчастицами принимает форму спирали. Таким образом каркас РНК оказывается внутри.



Бактериофаг. Электронная микрофотография.

жаться и у них не происходит *обмена веществ*. Биосинтез компонентов вируса начинается только тогда, когда он проникает в клетку. Взаимодействие вируса с клеткой — одна из интереснейших проблем современной биологии. Вирус попадает в клетку, либо впрыскивая в нее свою нуклеиновую кислоту, как это делают бактериофаги, либо при *фагоцитозе*, как вирусы животных. Попав в клетку, вирус начинает использовать системы биосинтеза *белков* и нуклеиновых кислот клетки для синтеза собственных *биополимеров*, т. е. вирус становится внутриклеточным паразитом на генетическом уровне. При этом может происходить перестройка компонентов клетки, осуществляющих *транскрипцию* и *трансляцию*. В клетке вирус размножается, и затем новое поколение выходит из клетки с разрушением или без разрушения ее. Вирусная ДНК может также встраиваться в геном клетки-хозяина и размножаться дальше как составная часть хромосомы.

Как же возникли вирусы? На этот счет есть много мнений. Например, такие: вирусы представляют собой крайний результат регрессивной *эволюции* паразитов, или они являются частью генома клетки, ставшего инфекционным в ходе эволюции. Но окончательного ответа еще нет, и этот вопрос ждет решения.

Открыто уже немало вирусов, и каждый год ученые описывают все новые и новые. Изучение вирусов необходимо для борьбы с болезнями. В *генной инженерии* вирусы используют для переноса генов.

ВИТАМИНЫ

Витамины (от латинского слова vita — жизнь) — это органические низкомолекулярные вещества разнообразной химической природы, необходимые всем живым организмам в очень малых количествах. Как правило, они поступают в организм с пищей или синтезируются в нем. При отсутствии или недостатке витаминов у человека развиваются тяжелые заболевания — авитаминозы: рахит, цинга, бери-бери, пеллагра и др.

Витамины были открыты русским врачом Н. И. Луниным в 1880 г. В настоящее время известно несколько десятков их. Обозначают витамины обычно заглавными буквами латинского алфавита: A, B_1, B_2, C, D, E, K и т. д.

Классификация витаминов основана на растворимости их в воде и жирах. К жирорастворимым витаминам относятся витамины группы

Первоисточником витаминов служат главным образом растения. Человек и животные получают витамины с растительной пищей или косвенно — из продуктов животного происхождения. Промышленность выпускает лекарственные препараты, содержащие различные витамины.

A, D, K, E; к водорастворимым — группа B, PP, никотиновая, пантотеновая, фолиевая, аскорбиновая кислоты и др. Водорастворимые витамины участвуют в обеспечении нормального протекания обменных процессов, многие из них входят в состав *ферментов*. Роль жирорастворимых витаминов в процессах *обмена веществ* изучена мало.

Многие витамины содержатся в продуктах животного и растительного происхождения и поступают в организм человека в готовом виде или в виде провитаминов — исходных продуктов для образования витаминов. Некото-



рые витамины (PP, витамины группы B и др.) могут синтезироваться микрофлорой кишечника в организме человека.

Расскажем о некоторых витаминах, важных для нашего здоровья.

Витамин A (ретинол, аксерофтол) необходим для нормального зрения, способствует *росту* и хорошему обмену веществ. Этого витамина особенно много в сливочном и топленом масле, сыре, яичных желтках, печени, икре, рыбьем жире. В растительных продуктах: зеленом луке; зеленом горошке, салате, моркови, томатах, абрикосах и других — содержится провитамин A — каротин, который в организме превращается в витамин A.

Витамин B_1 (тиамин) нужен для нормального обмена веществ, особенно *углеводов*, в организме. Им богаты дрожжи. Хороший источник этого витамина — гречневая и овсяная крупа, горох, сорта муки грубого помола и хлеб из них. Особенно важен этот витамин при большой физической и умственной нагрузке.

Витамин B_2 (рибофлавин) нужен для нормального обмена *белков* и углеводов, способствует правильному росту организма и заживлению ран. Больше всего его в дрожжах, печени, а также в молоке и молочных продуктах.

Витамин B_{12} (цианокобаламин) важную роль играет в процессах кроветворения. При его недостатке развивается малокровие. Много этого витамина в печени, почках, рыбных продуктах. Меньше в мясе, молоке, твороге, сыре, яичном желтке.

Витамин C (аскорбиновая кислота) играет большую роль в процессах обмена веществ. Основной источник этого витамина — плоды, ягоды, овощи, особенно капуста (в том числе квашеная), зеленый лук, томаты, картофель. Наибольшее количество витамина C содержится в плодах шиповника, черной смородины, красного перца. Много его в настое хвои, облепихе. При варке овощей теряется $^1/_3$ витамина C.

ВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Выделительная система — совокупность *органов*, выводящих из организма животных и человека избыток воды, конечные продукты *обмена веществ* (углекислый газ, мочевина, мочевая кислота и др.), а также соли и чужеродные вещества. Процессы выделения играют важную роль в организме, поддерживая постоянство химического состава и объема жидкостей внутренней среды, осмотическое давление — необходимые условия эффективной деятельности различных органов и систем (см. *Гомеостаз*).

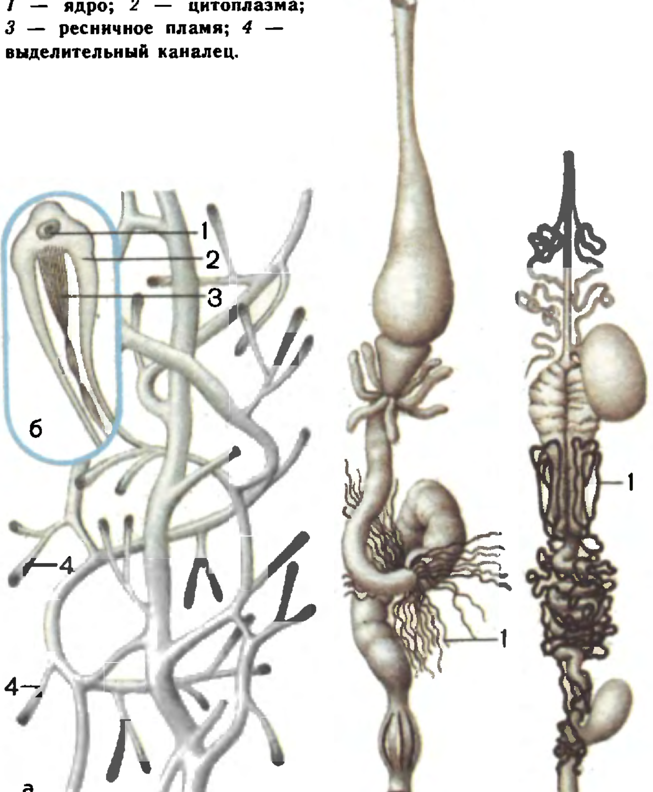


Рис. 1. Выделительные органы плоских червей: *а* — **выделительные канальцы с пламенными клетками;** *б* — **строение пламенной клетки.** *1* — **ядро;** *2* — **цитоплазма;** *3* — **ресничное пламя;** *4* — **выделительный каналец.**

Рис. 2. Выделительные органы насекомых: *1* — **мальпигиевы сосуды — трубчатые, слепо оканчивающиеся выросты кишечника.**

У простейших продукты выделения выводятся путем диффузии или с помощью сократительных вакуолей. У многоклеточных водных беспозвоночных выделение осуществляется специальными выделительными органами — протонефридиями и метанефридиями (у червей), целомодуктами (у моллюсков) или специальными железами (у ракообразных). У наземных обитателей (главным образом насекомых и паукообразных) выделительные функции выполняют стенки кишечника, а чаще — так называемые мальпигиевы сосуды, физиологическое преимущество которых в том, что выпадающие в осадок продукты обмена (мочевая кислота и др.) выводятся с мочой в заднюю кишку, где происходит поглощение воды, а обезвоженные продукты выделения вместе с непереваренными остатками пищи выводятся наружу через анальное отверстие. Выделительная система беспозвоночных показана на рис. 1, 2.

Выделительные функции у позвоночных выполняют почки, легкие, печень, толстая кишка, кожа. Легкие удаляют из организма диоксид углерода и воду, печень — желчные пигменты (продукты расщепления гемоглобина), толстая кишка — соли кальция и тяжелых металлов, кожа — воду, мочевину, соли натрия и др. Однако основным органом выделения являются почки (рис. 4), выводящие воду, мочевину, мочевую кислоту, креатин, соли.

Рис. 3. Выделительные органы позвоночных (человек, мужчина): *1* — почка; *2* — мочеточник; *3* — мочевой пузырь; *4* — мочеиспускательный канал.

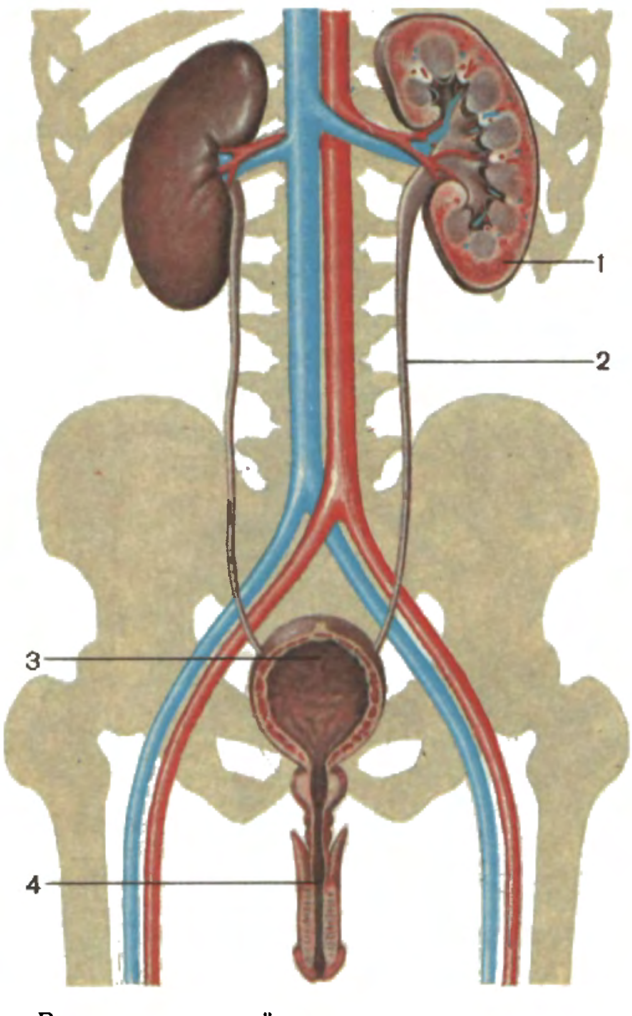


Рис. 5. Строение нефрона (почечное тельце). *а* — почечная долька: I — наружный, или корковый, слой; II — внутренний, или мозговой, слой. *б* — нефрон; *1* — капсула нефрона; *2* — капиллярный клубочек; *3* — извитые ка-

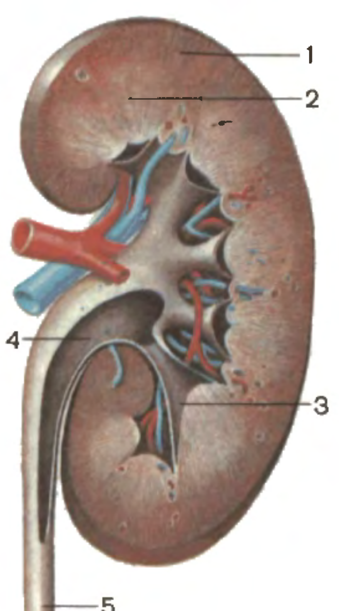


Рис. 4. Строение почки человека: *1* — корковое вещество; *2* — мозговое вещество; *3* — почечная чаша; *4* — почечная лоханка; *5* — мочеточник.

В выделительной системе позвоночных два отдела: мочеобразовательный (почки) и мочевыводящий, состоящий из мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала (рис. 3).

Структурные и функциональные мочевыделительные элементы почек позвоночных — почечные тельца, или нефроны (рис. 5). В капсуле нефрона располагается клубочек примерно из 50 капиллярных петель. Причем приносящий кровь сосуд почти в два раза шире выносящего. Давление крови в приносящей артериоле — 95, в капиллярном клубочке — 57, а в выносящем сосуде — 25 мм рт. ст. Благодаря этому кровь фильтруется через *мембраны клеток* капиллярного клубочка и капсулы. Так возникает первичная моча, содержащая как используемые вновь (сахара, простые *белки* и пр.), так и выводимые из организма продукты жизнедеятельности.

В извитых канальцах, оплетенных сетью капилляров, происходит всасывание части воды с питательными веществами и образование вторичной мочи, в которой резко увеличивается количество ненужных организму веществ. По прямым канальцам моча стекает в полость

НЕСКОЛЬКО ВАЖНЫХ СОВЕТОВ



Суточные нормы потребления воды не должны превышать 1,5—2 л. Для того чтобы побороть жажду, достаточно смочить губы, прополоскать рот водой. Тогда жажда проходит. Помогает уменьшить ее и чашка крепкого горячего чая.

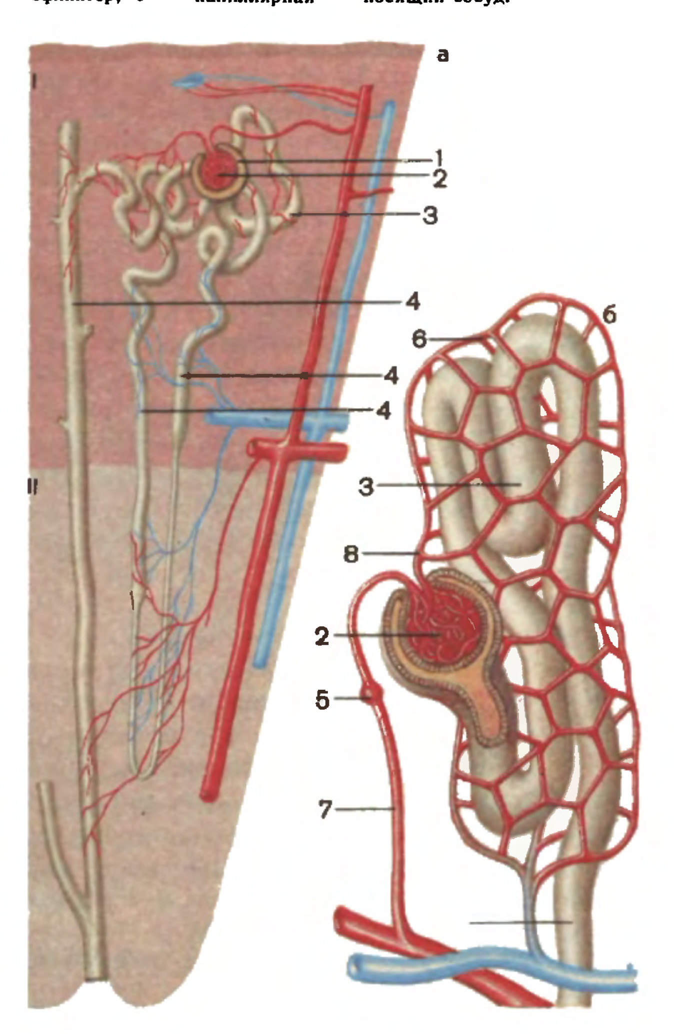
Избыток солей в пище, неумеренное потребление лечебных минеральных вод, богатых солями, могут привести к мочекаменной болезни.

Мочевая кислота и фосфат кальция плохо растворимы в воде, и поэтому, если их концентрация в моче повышена, они могут выпасть в осадок, образуя почечный песок или камни, закупоривающие мочевые пути и вызывающие боли. Удаляются камни хирургическим путем или с помощью ультразвука, разрушающего их.

Чрезмерно острая и пряная пища, алкоголь вызывают повреждение почечных телец, усиливается обратное всасывание воды и других веществ из первичной мочи. В результате организм отравляется метаболитами — продуктами обмена веществ.

Крайне опасно переохлаждение почек. При этом воспаляются капиллярные клубочки почечных телец, вследствие чего уменьшается отделение мочи, развиваются отеки, боли и ломота в пояснице. Поэтому не следует отдыхать на холодной сырой земле и рекомендуется оберегать поясницу от переохлаждения. Зимой вредно носить чрезмерно короткие куртки, капроновые чулки и легкую обувь, особенно девушкам.

нальцы; *4* **— прямые канальцы;** *5* **— капиллярный сфинктер;** *6* **— капиллярная сеть извитого канальца;** *7* **— приносящий сосуд;** *8* **— выносящий сосуд.**



почек и далее в мочеточники — парные трубочки, заканчивающиеся сфинктерами. По ним моча стекает в непарный мочевой пузырь. Его гладкие мышцы залегают тремя слоями. При наполнении пузыря рефлекторно открывается его сфинктер, и моча выводится из организма.

Функциональная активность почек высока. Их масса у человека всего 120—200 г, а за сутки через них протекает при покое около 700 л крови, при усиленной работе — до 1500 л и более. За сутки образуется в среднем около 17 л первичной и 1,5 л вторичной мочи.

Почки — автономно работающий орган, скорость образования мочи в котором регулируется как нервными, так и гуморальными воздействиями. Импульсы с химических рецепторов дуги аорты, почечных лоханок, мочевого пузыря, прямой кишки через центры мочеотделения спинного и промежуточного мозга вызывают изменение притока крови к нефронам, открывая или закрывая сфинктеры приносящих сосудов. Изменяется мочеотделение (диурез) в зависимости от количества и качества съеденной и выпитой пищи, температуры, времени года и пр.

У подростков к 13—15 годам почки достигают структурных и функциональных показателей взрослых людей.

ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Материалистическое учение о высшей нервной деятельности создал советский физиолог *И. П. Павлов.* Он определил высшую нервную деятельность как деятельность мозга, обеспечивающую «нормальные сложные отношения целого организма к внешнему миру». Таким образом, приспособительное (адаптивное) значение этой формы поведения заключается в формировании индивидуальных реакций животных и человека на изменяющиеся условия среды.

Проявлением высшей нервной деятельности у человека являются многочисленные осознаваемые и неосознанные условные *рефлексы*, возникающие и исчезающие в течение жизни, а также ощущения, восприятия, воображение, *память, мышление,* чувства, воля и другие психические процессы и состояния. У человека они тесно связаны с речью. Индивидуальные особенности высшей нервной деятельности сказываются на темпераменте, характере, способностях человека.

В основе учения о высшей нервной деятельности лежит открытие И. П. Павловым явления условных рефлексов (приобретенных в процессе жизни) в отличие от безусловных (врожденных). Это открытие явилось результатом развития идей *И. М. Сеченова* о рефлекторной деятельности мозга и дало возможность изучать работу головного мозга объективными — экспериментальными — методами. Работы И. П. Павлова и его последователей подтвердили ленинское положение о том, что психика есть функция того особенно сложного куска материи, который называется мозгом человека.

И. П. Павлов сформулировал три основных принципа работы головного мозга позвоночных.

Принцип структурности. Психическая функция любой степени сложности осуществляется отделами головного мозга.

Принцип детерминизма. Любой психический процесс — ощущение, воображение, память, мышление, сознание, воля, чувства и другие — есть отражение материальных событий, происходящих в окружающем мире и в организме. Именно эти материальные явления в итоге определяют поведение. У животных такими причинами могут быть потребности в пище, воде, безопасности, в продолжении рода и т. д. (см. *Поведение животных*). У человека появляются еще и социальные потребности в труде, общении, занятиях литературой, наукой, искусством и др. Если потребности животных ограничены их наследственными особенностями, то потребности человека определяются не только природными факто-

рами, но и человеческим трудом, создающим новые и новые продукты потребления.

Принцип анализа и синтеза. Сложные предметы и явления действительности воспринимаются обычно не целиком, а по отдельным признакам. Раздражители, воздействуя на *рецепторы* соответствующих *органов чувств*, вызывают потоки нервных импульсов. Они поступают в мозг и там синтезируются, в результате чего возникает целостный субъективный образ. Эти образы составляют своеобразную модель окружающей обстановки и дают возможность ориентироваться в ней.

Исследования высшей нервной деятельности показали, что работа мозга проявляется в процессах возбуждения и торможения. Раздражитель, вызвавший процесс возбуждения, вызывает деятельность органов; раздражитель, вызвавший процесс торможения, прекращает ее. Исследования ученых показали, что процессы возбуждения и торможения взаимосвязаны. Возбуждение связано с передачей нервных импульсов по нейронным цепям, торможение — с прерыванием потока нервных импульсов в одном из звеньев такой цепи.

Еще И. П. Павловым было установлено, что нервные процессы способны распространяться от места первоначального возникновения на другие участки мозга — иррадиировать. Вспомните, например, ребенка, которому смазали йодом небольшую рану на руке. Вначале он спокоен, затем начинает махать рукой, приседать, плакать. Это происходит оттого, что процесс возбуждения, возникший в центральной нервной системе, распространяется на значительные участки коры и подкорковые центры (рис. 1, 2). Благодаря иррадиации в мозге могут образовываться временные связи между различными, ранее изолированными, нервными центрами.

АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ УХТОМСКИЙ (1875—1942)



Во второй половине XIX в. передовая русская интеллигенция страстно увлекалась естествознанием, особенно физиологией. В этом, вероятно, крылись причины, побудившие Алексея Алексеевича Ухтомского, блестяще окончившего Нижегородский кадетский корпус и Московскую духовную академию, получившего ученую степень магистра философии, стать физиологом. Он окончил Петербургский университет и работал в нем до конца жизни, возглавляя физиологическую лабораторию, кафедру физиологии животных, а затем организованный им Физиологический институт, который теперь носит его имя.

Главная заслуга Ухтомского — открытие важнейшего принципа деятельности *нервной системы* — явления доминанты. Этим термином называют стойкий очаг возбуждения, возникающий в мозговых центрах в результате их систематического раздражения. Одновременно с формированием этого очага во всех прочих частях нервной системы развивается торможение. Деятельность заторможенных участков прекращается, осуществление присущих им рефлекторных реакций становится невозможным, а любое возбуждение, предназначенное для заторможенных районов мозга, не может туда проникнуть. Оно переадресуется в доминантный очаг, усиливая степень его возбуждения, усиливая доминанту.

Доминантное состояние формируется под влиянием внешних воздействий, но может поддерживаться и проявляться долгое время после их прекращения. Оно лежит в основе внимания, целенаправленного мышления или деятельности. Одна из форм этого состояния — «настороженный, или оперативный, покой», обеспечивающий готовность к немедленному действию. Это состояние обычно для представителей операторских профессий: оно поддерживается у них на протяжении всей рабочей смены.

Большое значение имели работы Ухтомского, посвященные изучению работоспособности. Он исследовал функциональные перестройки в работающей мышце, приводящие к повышению ее работоспособности, что позволило понять природу утомления.

Талантливый педагог, Ухтомский много сделал для народного образования. После Великой Октябрьской социалистической революции он принял деятельное участие в создании рабочего факультета в Ленинградском университете.

Академик А. А. Ухтомский был лауреатом премии имени В. И. Ленина, одним из первых советских биологов, удостоенных этой высокой награды. По его инициативе была организована при Ленинградском университете первая в СССР лаборатория физиологии труда.









Иррадиация (*1, 2*) и концентрация (*3, 4*) процесса возбуждения. Объяснение в тексте.

А. А. Ухтомский показал, что в головном мозге могут возникать стойкие очаги возбуждения, названные им доминантой. Они способны как бы притягивать к себе более слабые возбуждения, появляющиеся от других раздражителей. Голодная собака, например, обладает пищевой доминантой. Если зажигать лампочку, а потом давать собаке еду, возбуждение, вызванное светом лампочки, будет иррадиировать в сторону пищевого центра, и при многократном сочетании вспыхивания лампочки и кормления между этими центрами возникнет временная условная связь. Вспыхивание лампочки становится сигналом кормления.

Эволюционный подход в изучении ВНД был заложен советским ученым Л. А. Орбели. Его последователь Л. Г. Воронин показал, что стойкие временные связи, позволяющие животному реагировать на сигналы жизненно важных событий, появляются только у кольчатых червей, высших беспозвоночных и хордовых. У низших беспозвоночных и одноклеточных истинные условные рефлексы пока не обнаружены.

Процесс возбуждения в одном участке мозга может наводить торможение в другом его участке, равно как и торможение в одном центре может вызвать возбуждение в другом. Это явление называется взаимной индукцией процессов возбуждения и торможения. Благодаря этой закономерности новая деятельность автоматически устраняет прежнюю, потому что возбуждение, вызванное новыми раздражи-

КАК НАБЛЮДАТЬ ВЗАИМНУЮ ИНДУКЦИЮ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ТОРМОЖЕНИЯ



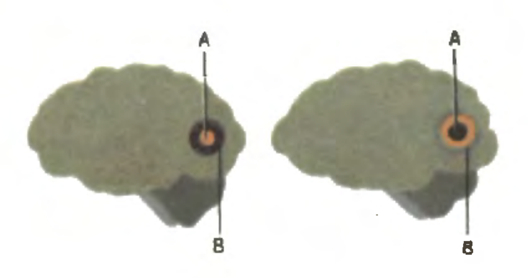
Внимательно посмотрите на рисунок. Вы видите на нем вазу и два профиля смотрящих друг на друга людей. Вскоре вы обнаружите любопытное явление: эти изображения будут последовательно сменять друг друга. И вы будете видеть на рисунке то вазу, то профили людей. Разберем причину этого явления.

Обозначим центры коры больших полушарий, опознающие человеческие профили, буквой А. Центры коры, отображающие вазу, — буквой В.



Когда центры А находятся в состоянии возбуждения, мы видим профили. Поскольку возбужденный центр А наводит на центр В процесс торможения (отрицательная индукция), мы не можем сразу воспринимать оба изображения: видим только одно.

Но вот проходит известное время. Центры А в результате утомления затормаживаются. Торможение центров А наводит возбуждение в центрах В (положительная индукция). Происходит смена изображения: человек, видевший ранее два профиля, теперь видит вазу. Спустя некоторое время это изображение по тем же причинам сменится на первое.



телями, затормаживает центры, которые ранее были возбуждены. Появление кошки, например, вызывает у собаки агрессивную реакцию, которая затормаживает пищевую.

Вследствие взаимной индукции нервных процессов возбуждение не может иррадиировать на все участки мозга, а ограничивается определенной территорией. Затем оно начинает отступать к пункту своего возникновения, концентрироваться (рис. 3, 4).

Благодаря иррадиации происходит обобщение условного сигнала: раздражителем становится не только сигнал, вызвавший условный рефлекс, но и множество сходных сигналов.

Благодаря концентрации животные и люди способны отличать сигналы значимых событий от сходных, но не связанных с этими событиями.

Выработанная в течение жизни система условных рефлексов называется динамическим стереотипом. Он лежит в основе навыков и привычек.

Высшая нервная деятельность человека значительно сложнее высшей нервной деятельности животных. Животное опознает важные для него образы — пищу, убежище, врага, руководствуясь реальными раздражителями. Человек же, кроме этого, с помощью речи способен использовать опыт не только личный, но и других людей.

И. П. Павлов создал учение о первой и второй сигнальных системах. К первой сигнальной системе он отнес естественные раздражители, ко второй — речь.

Различают речь внешнюю, благодаря которой мы общаемся с другими людьми, и речь внутреннюю, регулирующую наше сознательное поведение.

И. П. Павлов всегда подчеркивал универсальное значение созданного им учения. В статье «Естествознание и мозг» он писал: «Таким образом, вся жизнь от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и человека, есть длинный ряд все усложняющихся до высочайшей степени уравновешиваний внешней среды».

Ученики и последователи И. П. Павлова в течение многих лет изучали конкретные механизмы, лежащие в основе приспособительного поведения животных разных уровней эволюционного развития, и подтвердили теоретические представления великого физиолога.

Теперь уже известно, какие изменения происходят в различных отделах мозга, отдельных нейронах, *мембранах* и даже отдельных внутренних структурах нервных клеток на разных стадиях формирования условных рефлексов.

Ученым Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова удалось впервые показать, что формирование условных рефлексов связано с изменениями ДНК нейронов мозга. Эти изменения ДНК не носят наследственный характер. Проведенные исследования открывают возможность для поиска путей управления поведением на молекулярном уровне.

Современные достижения в изучении механизмов высшей нервной деятельности используются в медицинской, педагогической, сельскохозяйственной практике и в исследованиях, позволяющих оценить влияние природной среды на особенности поведения животных и человека.

КАК НАБЛЮДАТЬ ЯВЛЕНИЕ ДОМИНАНТЫ





Подходящий объект для этого опыта — морские свинки. Сначала надо выработать у них условный жевательный рефлекс на постукивание. Это делается так. Перед тем как положить на экспериментальный стол небольшую порцию пищи (кусочки капусты, листья традесканции), а еще лучше дать возможность животному откусить кусок приманки из ваших рук, надо негромко постучать пальцами по столу. Когда животное начнет жевать корм, постукивание продолжается в ритме жевательных движений. Два-три сочетания условного раздражителя с кормом — и свинка начинает жевать при изолированном действии условного раздражителя. Это говорит о том, что условный рефлекс выработан. Явления доминанты особенно легко наблюдать на первых этапах выработки условного рефлекса. Если морская свинка голодна, возникает пищевая доминанта. Она подчиняет себе все поведение животного. Любой слабый раздражитель, пусть совершенно не связанный с пищей, будет усиливать жевание. Проверим это. Когда морская свинка прекратит жевать, обратитесь к ней со словами: «Уважаемая морская свинка, покажи, как ты умеешь жевать! А теперь прекрати жевать, как только я замолчу!» Морская свинка в точности выполнит ваши указания, потому что она на звук голоса будет отвечать жевательными движениями, так же как раньше жевала при постукивании. Результат будет такой же, если вы начнете осторожно поглаживать морскую свинку. Она будет жевать при каждом прикосновении. Проводить опыт нужно при полной тишине, потому что морская свинка будет жевать при смехе, шуме, вообще при любом раздражителе.

Г

ГАМЕТЫ

Гаметы (от греческих слов gamete — жена, gametes — муж) — половые, или репродуктивные, клетки животных и растений, обеспечивающие при слиянии развитие новой особи и передачу наследственных признаков от родителей потомкам. Гаметы гаплоидны, т. е. содержат одинарный набор *хромосом*. При их слиянии, т. е. при *оплодотворении*, или половом процессе, возникает зигота с двойным (диплоидным) набором хромосом. Так происходит объединение генетического материала родительских особей и восстанавливается полный набор хромосом.

Животные, размножающиеся половым путем (см. *Размножение*), производят мужские гаметы — сперматозоиды и женские — яйцеклетки, или яйца.

У многих простейших мужские и женские гаметы одинаковых размеров и формы и обе подвижны (изогамия).

Чтобы произошло оплодотворение, гаметам необходимо найти друг друга. Необходимо также обеспечить зиготу достаточным запасом питательных веществ и защитными оболочками. Эти функции в процессе *эволюции* разделились между мужскими и женскими гаметами. Поэтому у большинства животных мужские гаметы маленькие и подвижные, а женские более крупные, содержат много питательных веществ и не способны двигаться (анизогамия, или оогамия). Наиболее крупные яйцеклетки у животных, эмбриональное развитие которых происходит в наружной среде, а не в материнском организме и продолжается длительное время — дни, недели (птицы, пресмыкающиеся, земноводные, рыбы, головоногие моллюски).

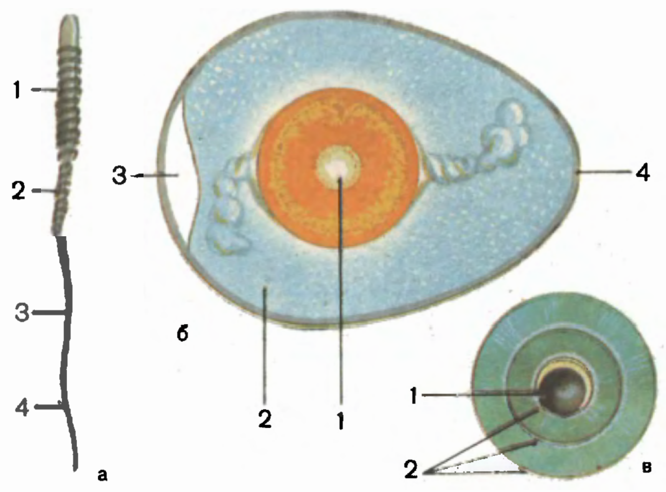
Сперматозоиды состоят из головки, шейки и хвоста, который обеспечивает им подвижность. В головке находится *ядро* с плотно упакованными хромосомами, в шейке — *митохондрии*, доставляющие энергию для *обмена веществ* и движения хвоста. Мужские гаметы водных организмов иногда имеют жгутики, обеспечивающие их подвижность. У некоторых организмов (круглые черви, многие членистоногие) мужские гаметы движутся амебообразно, с помощью псевдоподий.

У большинства животных, кроме высших млекопитающих, цитоплазма яйцеклеток содержит большое количество желтка.

Процесс образования гамет называется гаметогенезом, спермиев — сперматогенезом, а яйцеклеток — оогенезом. У многоклеточных животных гаметы развиваются в половых железах — гонадах (у самцов — семенники, у самок — яичники). Образование гамет у низших животных происходит путем *митоза*, а у большинства животных — путем *мейоза*. Гаметы образуются в избыточных количествах, поскольку не все сперматозоиды достигают яйцеклетки и не все оплодотворенные яйцеклетки (зиготы) могут развиваться до взрослого организма.

У растений в зависимости от строения гамет различают разные типы полового процесса (см. *Пол, Оплодотворение*). У гетеро- и особенно у оогамных растений мужских гамет образуется значительно больше, чем женских, что повышает вероятность оплодотворения.

Гаметы животных. *а* — сперматозоид чайки: *1* — головка; *2* — шейка; *3* — средняя часть; *4* — хвост. *б* — яйцо чайки: *1* — яйцеклетка, содержащая желток; *2* — белок; *3* — воздушная камера; *4* — скорлуповая оболочка. *в* — икринка лягушки: *1* — яйцеклетка; *2* — слизистые оболочки.



ГЕН

Это коротенькое, но емкое слово предложил в 1909 г. датский ученый В. Иогансен. Ген (от греческого genos — род, происхождение), в его понимании, это элементарная единица *наследственности*, отвечающая за появление какого-либо признака. *Г. Мендель*, доказавший существование генов, называл их факторами. Современные представления о природе генов и механизме их действия неизмеримо возросли. Геном сейчас называют участок молекулы ДНК, а у некоторых *вирусов* — РНК (см. *Нуклеиновые кислоты*), выполняющий какую-нибудь определенную функцию.

Сначала ген определяли как участок ДНК, кодирующий определенный *белок*, например какой-то *фермент*. Действительно, такие гены в *хромосомах* есть, их называют структурными, потому что они определяют структуру белка. К той же категории относят гены, содержащие информацию о структуре рибосомных, транспортных и так называемых низкомолекулярных

ядерных РНК, открытых в последнее время. Но их доля у высших организмов невелика, а вот у вирусов не менее 90% генов структурные.

Большая часть генов высших организмов не структурные, а регуляторные. Они «включают» и «выключают» структурные гены, управляют синтезом белков в *клетке*, и в конечном счете от их деятельности зависят функции клетки.

Некоторые гены вообще не действуют, а лишь передаются из поколения в поколение. Это рудиментные гены (их называют псевдогенами). О функциях значительной части ДНК ядра нам пока еще ничего не известно.

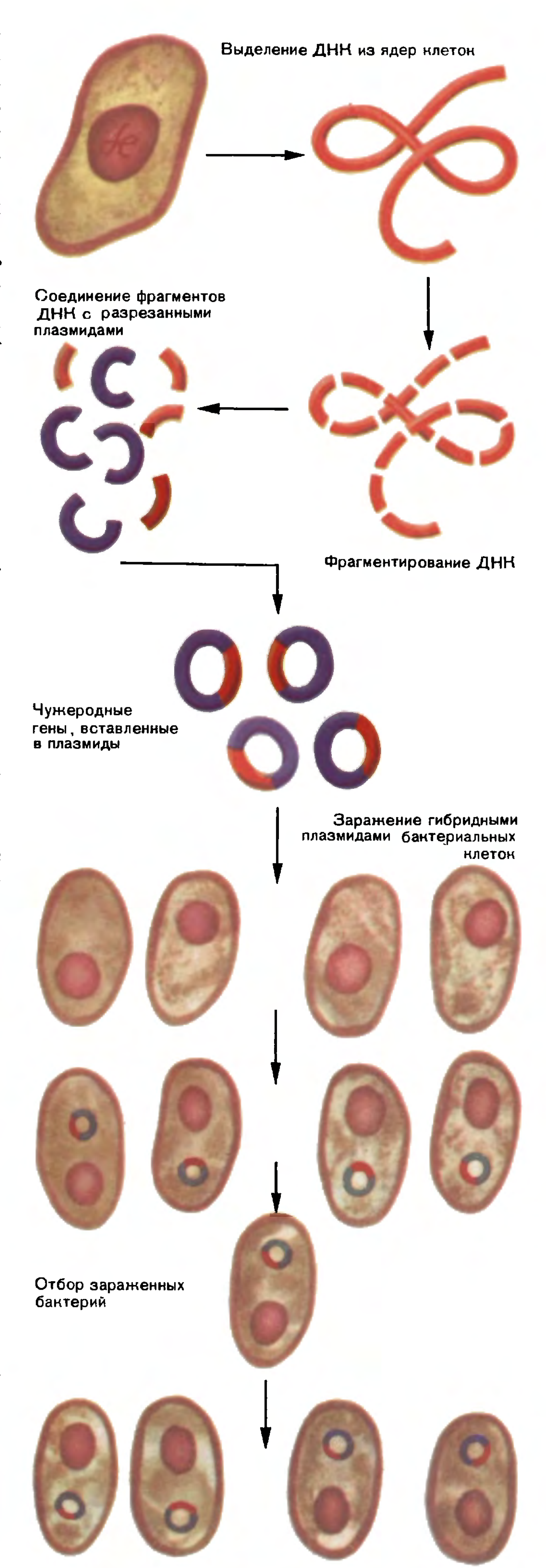
ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Генная инженерия — отрасль биологии, возникшая на стыке химии *нуклеиновых кислот* (ДНК и РНК) и генетики микроорганизмов. Она занимается расшифровкой структуры *генов*, синтезом генов химическим или биохимическим путем, клонированием генов, вставкой выделенных или вновь синтезированных генов в *клетки* организмов с целью направленного изменения их наследственных свойств. Генная инженерия осуществляет вековую мечту человечества — управление *наследственностью*.

Два открытия сделали возможным создание генной инженерии. Первое из них — открытие специфических *белков — ферментов*, названных рестриктазами. Рестриктазы рвут, разрезают последовательность нуклеотидов в ДНК, но не где попало, а только в тех местах, где имеется сочетание определенных нуклеотидов, узнаваемое только данной рестриктазой. Эти «умные» ферменты выделяют из микроорганизмов, которых они защищают от чужой генетической информации (например, от ДНК *вируса*). С помощью рестриктаз можно получать разрезанные по одинаковым местам части ДНК, например включающие последовательность нуклеотидов, кодирующую определенный белок. Таким белком может быть инсулин, необходимый для лечения диабета, человеческий гормон роста или же интерферон, применяемый для лечения вирусных заболеваний.

Важен для генной инженерии и другой фермент — лигаза, «пришивающий» отрезки ДНК один к другому. С его помощью можно, смешав в пробирке растворы разных разрезанных (рестриктированных) молекул ДНК, сшить их в один ген, т. е. соединить одну последовательность с другой.

Второе открытие, лежащее в основе генной инженерии, — размножающиеся в клетках *бактерий* генетические элементы. Это кольцевые молекулы ДНК относительно небольшой



Размножение зараженных бактерий, получение нужного белка, кодируемого геном, вставленным в плазмиду

Рисунок поясняет один из методов работы генных инженеров. Сначала выделяют дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК), содержащую нужный ген. Эту ДНК разрезают ферментами — рестриктазами по местам с определенными сочетаниями нуклеотидов, а затем сращивают эти фрагменты с разрезанными той же рестриктазой кольцевыми ДНК фага или плазмиды. Полученные гибридные молекулы ДНК способны заразить бактерию и размножиться в ней. Таким путем нужный ген клонируют, получая его и кодируемый им белок в требуемых количествах.

длины (не более 100 тыс. нуклеотидных пар). Их называют плазмидами. Возможно, плазмиды берут начало от так называемых умеренных фагов (см. *Бактериофаг*) — вирусов, не убивающих бактериальную клетку, а передающихся из поколения в поколение бактерий. Плазмиды и умеренные вирусы могут передаваться от клетки к клетке, и гены, входящие в состав их кольцевой ДНК, могут быть матрицами для синтеза специфических белков по обычному механизму — через информационную (матричную) РНК с участием *рибосом* хозяина (см. *Транскрипция, Трансляция*). Плазмидная и фаговая ДНК могут также разрезаться рестриктазами и сшиваться лигазами.

Генная инженерия возникла, когда ученые установили, что с помощью рестриктаз и лигаз можно вставить в плазмиду или умеренный фаг чужеродные гены, а затем заразить ими бактерию. Трудности со вставкой в бактериальные плазмиды и фаги (их называют векторами, переносчиками) генов высших организмов были быстро преодолены. Сейчас генные инженеры усердно ищут умеренные вирусы, которые смогли бы стать безопасными векторами для клеток эукариот.

Уже сейчас генная инженерия может дать в неограниченном количестве *гормоны* и другие белки человека, необходимые для лечения генетических болезней (например, инсулин, гормон роста и др.). Их синтезируют размножаемые в больших количествах бактерии, в которые были введены соответствующие гены. В ближайшем будущем этим путем будут получены ингибиторы (замедлители) роста злокачественных опухолей, интерфероны для лечения вирусных болезней, энкефалины и эндорфины для лечения психических заболеваний. В принципе можно заставить бактерии синтезировать белки мяса или молока. В конце нашего века, вероятно, будет решена проблема направленного изменения наследственности высших растений, что произведет революцию в сельском хозяйстве. В первую очередь речь пойдет о создании *симбиоза* между злаковыми растениями и азотфиксирующими бактериями (см. *Азотфиксация*), а это решит проблему азотных удобрений. Затем возникнет возможность создания принципиально новых видов культурных трав, кустарников и деревьев.

Направленное изменение наследственности животных и человека — задача несравненно более трудная, но в принципе разрешимая. Как только получат векторы, безопасные для клетки, и будет разгадан до конца механизм активации, «включения и выключения» генов, исследователям останется преодолеть технические трудности. Это будет важный шаг к победе не только над генетическими болезнями, но и над старостью. Тогда врачи смогут заменять в организме пожилых людей «испорченные» в результате *мутаций* гены на нормальные.

ГЕНОТИП

Этим словом называют совокупность всех *генов,* находящихся в *хромосомах* организма. Генотип — носитель наследственной информации, передаваемой от поколения к поколению, его генетической программы, на основании которой в конкретных условиях среды развивается весь комплекс признаков, характеризующий организм, — его *фенотип.* Набор генов в гаплоидной клетке организма часто называют геномом; считается, что не все части генома необходимы для построения данного фенотипа.

У простейших живых существ — *вирусов* генотип состоит из одной молекулы ДНК или РНК (см. *Нуклеиновые кислоты*), запакованной в белковую оболочку (вирион) или даже «голой». Ее размеры невелики (у вируса табачной мозаики, например, РНК содержит всего около 7 тыс. нуклеотидных пар, у ДНК сложного *бактериофага* Т4 — до 200 тыс. пар), и содержит она немного генов (до нескольких десятков). У *бактерий* их единственная хромосома — уже огромная кольцевая молекула, состоящая из нескольких миллионов пар нуклеотидов. У высших организмов с оформленным *ядром* (см. *Эукариоты*) огромный, сложно устроенный генотип; у человека он состоит примерно из 3 млрд. пар нуклеотидов, общая длина всех нуклеотидных последовательностей — около 2 м.

Генотип эукариот распределен в нескольких хромосомах, видных в клетке при делении, и ДНК в нем находится в комплексе с ядерными *белками* — гистонами. Число хромосом варьирует у разных видов от 2 до нескольких тысяч (у человека 46); у высших организмов хромосомы содержат не менее 50 тыс. генов, кодирующих строение белковых молекул.

ГЕТЕРОЗИГОТЫ

Гетерозиготы (от греческого слова heteros — иной, другой и «зигота») — это организмы, получившие от отца и матери разные формы *(аллели)* одного и того же *гена.* Каждая поло-

Общий вид растения и початок гетерозисного производственного гибрида первого поколения у кукурузы ***(в центре). Слева и справа*** **— родительские линии.**



вая клетка — *гамета* содержит только один аллель данного вида — отцовский или материнский (А или а). Гетерозиготные особи (Аа), следовательно, образуют два типа половых клеток, и потомство их более разнообразно, чем потомство *гомозигот* (аа, АА). Обладая более разнообразным набором генов, гетерозиготы лучше приспособлены к различным колебаниям условий внешней среды, отличаются большей жизнестойкостью, продуктивностью, ростом и устойчивостью к разным заболеваниям (см. *Гетерозис*). Поэтому в крупном товарном животноводстве и растениеводстве часто предпочитают гетерозигот (используя межпородные скрещивания животных, получая межлинейные гибриды кукурузы и т. д.).

Однако при разведении гетерозигот в потомстве теряются ценные свойства сортов и пород именно потому, что половые клетки их разнородны. Иногда положение облегчается: практически все сорта плодовых и ягодных растений — сложные гетерозиготы, и их стабильность поддерживается вегетативным *размножением* черенками, побегами, а у травянистых растений клубнями, луковицами и т. д. При этом не происходит *мейоза,* аллели не расходятся по гаметам и удачный комплекс признаков поддерживается многие годы.

ГЕТЕРОЗИС

С давних пор известно, что при скрещивании разных пород животных и сортов растений или разных видов организмов часто можно получить более продуктивное, мощное и жизнеспособное потомство. Ускорение роста, увеличение размеров, повышение жизнеспособности и продуктивности гибридов первого поколения по сравнению с родительскими организмами называется гетерозисом (от греческого слова heteroiosis — изменение, превращение).

Издавна высоко ценились гибриды между ослом и лошадью — мулы и между двугорбым и одногорбым верблюдами — нары. Сейчас в сельском хозяйстве широко применяются межпородные и межлинейные скрещивания для повышения продуктивности животных. Созданы племенные хозяйства, поддерживающие чистые породы и линии животных и растений, а также товарные, в которых выращивают для получения продукции гетерозисные гибриды между ними.

Каков механизм гетерозиса, почему при таких скрещиваниях потомство мощнее родителей, до конца пока неизвестно. Гетерозисные формы, как вытекает из их названия, гетерозиготны, т. е. их гомологичные *хромосомы* несут разные аллели того или иного *гена* (см. *Гетерозиготы*).

Поэтому многие ученые полагают, что аллели, неблагоприятно воздействующие на *рост* и развитие организма, подавляются и не проявляются в *фенотипе.* Другие объясняют гетерозис взаимодействием благоприятных доминантных (см. *Доминирование*) генов, сочетающихся в гибридном потомстве. Возможно, все гипотезы в какой-то мере справедливы. Гетерозис проявляется в разной степени при разных сочетаниях родителей, иногда он отсутствует полностью. Подобрать такое сочетание производителей, чтобы получить максимальную гибридную мощность, — важная задача селекционеров.

ГЕТЕРОТРОФЫ

Гетеротрофы (от греческих слов heteros — иной, другой и trophe — пища) — живые организмы, существующие за счет потребления готовых органических веществ, создаваемых *автотрофами*. К гетеротрофам относятся все животные и человек, грибы, а также растения и микроорганизмы, не обладающие способностью к *фотосинтезу* или *хемосинтезу*.

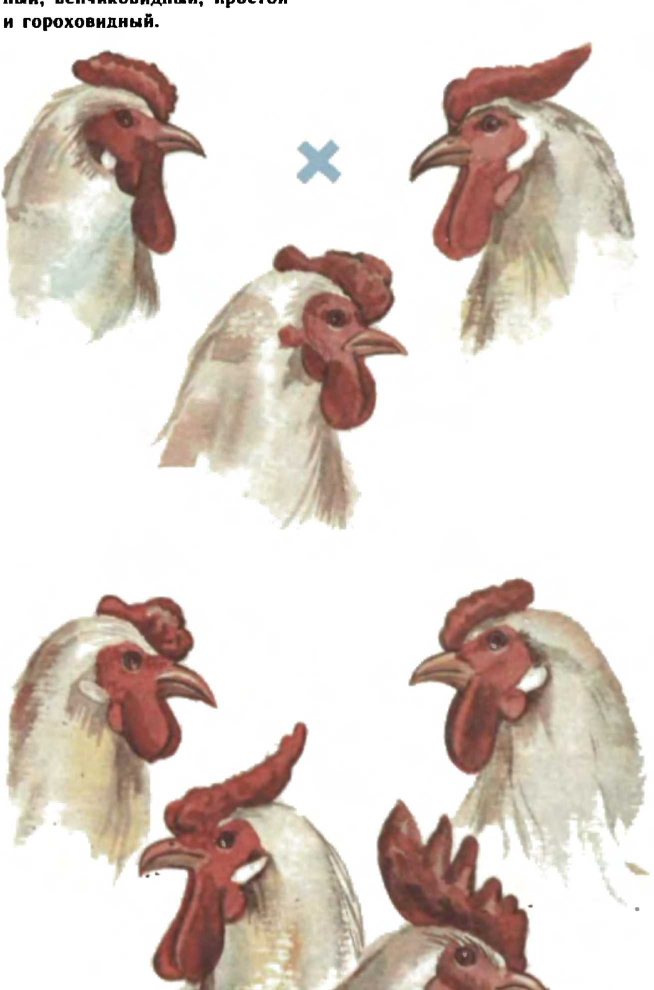
Все необходимые органические вещества гетеротрофы-животные получают в конечном счете из автотрофных организмов. При переваривании органические вещества автотрофов превращаются в низкомолекулярные соединения и в таком виде усваиваются гетеротрофами. Все такие животные обладают голозойным (животным) типом питания (от греческих слов holos — весь, целый и zoon — животное). Голозойные животные делятся на травоядных (точнее — растительноядных) и плотоядных в широком смысле этого слова. Есть, впрочем, и всеядные животные, которые могут питаться и растительными и животными организмами, например медведь, свинья. К всеядным гетеротрофам относится и человек.

У других гетеротрофов тип питания сапрофитный. Он характерен для грибов и *бактерий*. Эти организмы не заглатывают пищу, а получают органические вещества в растворенном виде через клеточные стенки. Примером сапрофитов могут служить дрожжи (из органических веществ им необходим сахар). Без сапрофитов был бы невозможен *круговорот веществ в природе*, поскольку они осуществляют разложение и минерализацию органических веществ.

Особую группу гетеротрофов составляют организмы-паразиты (см. *Паразитизм*).

Граница между гетеротрофами и автотрофами не всегда точна, так как известно, что некоторые бактерии и грибы способны усваивать углекислый газ.

Гибриды кур с гороховидными гребнями и венчиковидным в первом поколении имеют ореховидный гребень. Внизу *слева направо* — основные типы куриных гребней: ореховидный, венчиковидный, простой и гороховидный.



ГИБРИДИЗАЦИЯ

Гибридизация — скрещивание особей, которые различаются хотя бы одним *геном* (см. *Аллели*). Если особи различаются лишь одной парой разных признаков, такое скрещивание называют моногибридным (например, гибридизация красноцветкового растения с белоцветковым или белой мыши с серой). Подобные скрещивания позволили *Г. Менделю* сформулировать основные законы *наследственности*, да и сейчас гибридологический анализ — основной метод классической генетики. При записи схем опытов по гибридизации, часто весьма сложных, используют обозначения: сама гибридизация обозначается знаком X, мужской и женский пол — астрономическими знаками Марса (♂) и Венеры (♀), родители — латинской буквой P, потомство — буквой F (F_1 — первое поколение гибридов, F_2 — второе и т. д.).

В практике гибридизация особей одного вида используется чаще всего в двух целях. В *селекции* ее применяют для того, чтобы получить новый сорт, породу или линию, сочетающие выгодные для человека свойства родителей. Широко распространена также межлинейная и межпородная гибридизация, которую проводят, чтобы использовать гибридную мощность F_1 (см. *Гетерозис*). Гибридизация — важное средство повышения продуктивности сельского хозяйства.

Между представителями разных видов гибридизация проходит труднее. Особи разных видов обычно не скрещиваются. Если внутривидовые гибриды, как правило, плодовиты (фертильны), то межвидовые обычно бесплодны (стерильны). Однако и они нередко обладают гибридной мощностью, и с этой целью их стремятся получить. С глубокой древности известны мулы (♀ лошадь × ♂ осел) и лошаки (♀ ослица × ♂ жеребец), которые выносливы, но бесплодны. Известны также нары — гибриды одногорбого верблюда (дромадера) и двугорбого (бактриана). Нары плодовиты, но особи F_2 мелки и слабосильны. Чтобы этого избежать, F_1 скрещивают либо с дромадерами, либо с бактрианами. Помеси яка с коровами (сарлыки, высокоценимые за жирномолочность) и бизона с коровами ограниченно плодовиты: у них стерильны только самцы. То же наблюдается при отдаленной гибридизации растений: F_1 часто бывают стерильными.

Какова причина стерильности или ограниченной плодовитости межвидовых гибридов? Прежде всего, это может быть несовместимость *ядра* и цитоплазмы. Мужское ядро, полученное со сперматозоидом, может просто не развиваться в цитоплазме материнской яйцеклетки. Но главная причина — нарушения *мейоза* при возникновении мужских и женских половых клеток F_1. Ведь во время мейоза одинаковые, гомологичные *хромосомы*, полученные от отца и от матери, выстраиваются попарно (такое соединение генетики называют бивалентом). Естественно, если число хромосом у отца и матери гибрида разное, процесс образования бивалентов нарушен и половые клетки формируются нежизнеспособные, с неполным или избыточным количеством хромосом. То же наблюдается и в том случае, если число хромосом одинаковое, но они сильно отличаются по структуре. Отдаленные гибриды вообще часто бывают малоплодовитыми, но их плодовитость можно довести до нормальной последующими скрещиваниями с одним из родителей. При этом хромосомы одного вида вытесняются при последующих мейозах хромосомами другого, и гибрид перестает быть гибридом — по генетической структуре он уподобляется одному из родителей.

На растениях разработан более эффективный способ восстановления плодовитости гибридов без потери их гибридной, смешанной генетической структуры. Исследователи рассуждали так: гибриды неплодовиты, потому что отцовские *хромосомы* при мейозе не «узнают» материнские, не образуют гомологичных пар — бивалентов. А если удвоить число хромосом в клетке перед мейозом? Тогда и отцовские и материнские хромосомы нашли бы себе пару и половые клетки получились бы со сбалансированным набором хромосом, а значит, жизнеспособные.

При гибридизации родительские признаки у гибридов комбинируются, иногда возникают новые. Если скрестить пшеницу с типом колоса А и Б, гибриды первого поколения больше похожи на А. Во втором поколении гибридов *(нижний ряд)* выщепляются гомозиготы, похожие на родителей, а гетерозиготы *(в центре)* приобретают длинный колос. В данном случае скрещиваемые формы различаются по трем парам аллелей.



Удваивать число хромосом генетики научились давно, обрабатывая клетки особым веществом — колхицином, полученным из растения безвременника. Формы с удвоенным числом хромосом называют амфидиплоидами (см. *Полиплоидия*). Первый гибридный амфидиплоид — рафанобрассику, гибрид редьки и капусты, получил советский ученый Г. Д. Карпеченко еще в 1922—1924 гг. Теперь таких гибридов получено уже немало. Упомянем лишь тритикале — гибрид пшеницы и ржи, мощный фуражный злак, полученный в 1938 г. А. И. Державиным, а также пшенично-пырейные гибриды Н. В. Цицина. Многие виды растений явно имеют гибридное происхождение. Сама пшеница — сложный гибрид — полиплоид, а культурная слива — потомок терна и алычи.

У животных такой путь повышения гибридной плодовитости затруднен. Лишь *Б. Л. Астауров* с сотрудниками получил плодовитый межвидовой гибрид домашнего и дикого тутового шелкопрядов. Для этого пришлось получить гексаплоидных (с шестью наборами хромосом) самок домашнего шелкопряда и скрестить их с диким.

Гибридные виды в природе возникают намного чаще у растений, чем у животных. Однако и у растений гибриды в природе довольно ред-

ки. Каждый вид вырабатывает механизмы, охраняющие его самостоятельность. Без генетической изоляции одного вида от другого *эволюция* вообще бы не могла идти.

В последние годы было сделано интересное открытие. Оказалось, что клетки многоклеточных организмов, разводимые в лабораториях на твердой питательной среде (см. *Культура клеток и тканей*), могут сливаться друг с другом. Это клетки с двойным набором хромосом (2n), соматические, поэтому новый прием генетики назвали соматической гибридизацией. Удалось получить гибридные соматические клетки: человек × мышь, человек × золотистый хомячок, мышь × крыса, мышь × обезьяна, мышь × курица и даже хомяк × черепаха, человек × комар! Если слияние клеток произошло, хромосомы столь разных видов могут некоторое время уживаться в гибридной клетке. Этот метод чрезвычайно важен для картирования генов, с его помощью можно определить, в какой хромосоме расположен тот или иной ген. Добиться слияния растительных клеток в культуре гораздо труднее, поскольку они покрыты оболочкой из клетчатки. Могут сливаться лишь протопласты растительных клеток, у которых оболочки удалены химическим путем. Решение этой проблемы обещает многое: в отличие от животных из одной растительной клетки можно вырастить целое растение. Таким путем можно было бы получить самые фантастические гибриды, создание которых сейчас кажется невозможным.

ГИГИЕНА ШКОЛЬНИКА

Гигиена — область медицины, изучающая влияние природной среды, быта и труда на организм человека с целью охраны его здоровья. Каждый человек должен знать правила гигиены. Она включает соблюдение рационального суточного режима, уход за кожей и полостью рта, правильное питание, закаливание, физкультуру, отказ от вредных привычек.

Правила личной гигиены определяются возрастом, полом, состоянием здоровья.

Наш организм приспособлен к ритмичной работе (см. *Биологические ритмы*). Мы встаем и ложимся спать, занимаемся, трудимся, едим и отдыхаем приблизительно в одно и то же время; в *нервной системе* формируется динамический стереотип — система условнорефлекторных связей, облегчающих переход от одной деятельности к другой (см. *Высшая нервная деятельность*). Это повышает работоспособность, улучшает самочувствие и способствует полноценному отдыху. Режим дня надо строить с учетом возраста (см. табл.).

Вставать следует в одно и то же время, не позднее 7 ч, и начинать день с утренней гигиенической зарядки, цель которой — ускорить переход от сна к бодрствованию. Упражнения, требующие большой физической силы и выносливости, в нее включать не следует. Так как в течение дня работоспособность человека меняется, наиболее ответственную и напряженную работу, в том числе и спортивные тренировки, лучше планировать от 10 до 13 и от 16 до 20 ч, когда она наиболее высокая.

Очень важно тщательно умываться, принимать душ утром и вечером. Каждый человек в доме должен иметь свое полотенце, пасту, зубную щетку. Зубы надо чистить каждый день. Особого внимания требует уход за руками. Наибольшее количество болезнетворных микробов скапливается под ногтями. Там могут оказаться и яйца гельминтов (глистов), поэтому ногти надо регулярно стричь и вычищать грязь под ногтями специальной щеткой. Умываться лучше проточной водой. Общий таз для мытья использовать нельзя: можно заразиться чесоткой, желудочно-кишечными и другими заболеваниями.

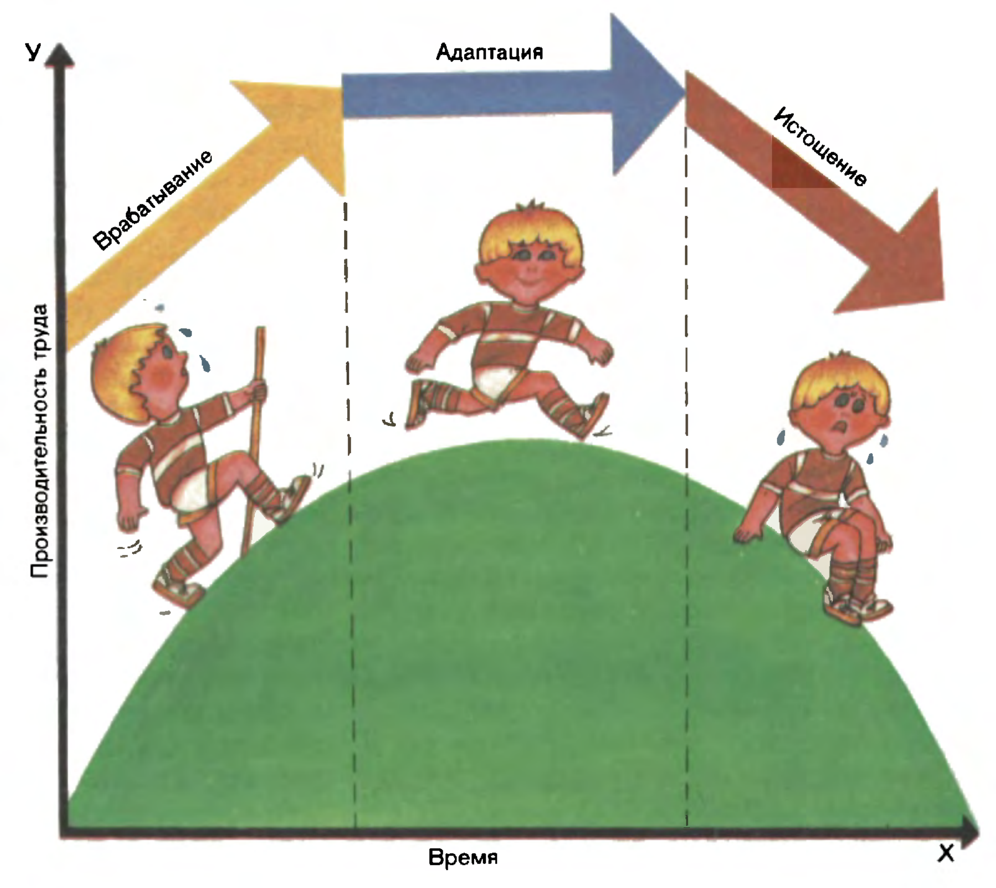
Одежда должна соответствовать погоде. В холодное время года она должна быть теплой, но кутаться не следует. Слишком теплая одежда приводит к перегреву организма.

Обувь должна быть легкой, эластичной, хорошо вентилируемой и правильно подобранной по ноге. При длительном использовании узкой обуви пальцы стопы деформируются, появляются потертости и мозоли. На тренировках, в туристских походах надо носить разношенную и прочную обувь, следить, чтобы она не промокала, а носки оставались сухими. В резиновые тапочки и кеды необходимо подкладывать войлочную стельку и надевать шерстяные носки.

Дорога в школу для многих — хорошая прогулка. Поэтому всегда стоит иметь небольшой запас времени.

Работа в школе и дома часто связана с чтением и письмом, поэтому следует соблюдать гигиену зрения (см. с. 204). Все необходимое для работы должно быть приготовлено заранее, каждая вещь должна быть на своем месте.

Учеба не только дает знания, умения, навыки, но и тренирует физические и умственные способности, совершенствует *память*, воображение, *мышление*, волю, чувства, готовит к труду. Для любой работы, физической и умственной, характерны три периода. Первый период — врабатывание, когда человек приступает к работе. Второй — оптимальная работоспособность (адаптация), когда человек работает с полной отдачей сил. Третий период — истощение: вследствие утомления происходит падение производительности труда. Важно сократить первый и третий периоды и возможно дольше продлить второй. Поэтому в рабо-



Изменение производительности труда в разные периоды деятельности.

ту надо включаться постепенно. Во время периода врабатывания не рекомендуется делать перерывы и отвлекаться от занятий даже тогда, когда работа не получается сразу. После каждого перерыва работа снова и снова начинается с периода врабатывания, и период оптимальной работоспособности может не наступить, сразу наступит период истощения. Имея это в виду, советский физиолог *А. А. Ухтомский* заметил, что мы часто устаем не потому, что много работаем, а потому, что плохо работаем.

Самые трудные задания целесообразно выполнять во время оптимальной работоспособности. При переходе от одних занятий к другим следует делать небольшие перерывы, не более 5—10 мин. Более длительные перерывы нарушают состояние оптимальной работоспособности, а более короткие лишают человека полноценного отдыха. Во время перерыва хо-

КАК УХАЖИВАТЬ ЗА КОЖЕЙ



Загрязнение кожи — одна из причин нарушения ее свойств, функций, целостности, возникновения заболеваний. На грязной коже поры забиваются грязью, потовыми и жировыми выделениями, и как следствие нарушаются потоотделение и теплоотдача, появляются прыщи, неприятный запах. В расчесы и трещины на коже легко проникают возбудители гнойничковых заболеваний.

Необходимо постоянно следить за чистотой кожи. Не реже одного раза в неделю все тело следует мыть горячей водой с мылом, а руки надо мыть несколько раз в день — после работы и туалета, перед едой. Ноги перед сном необходимо мыть теплой водой с мылом; а если они сильно потеют, в воду рекомендуется добавлять немного марганцовки и присыпать пудрой или тальком.

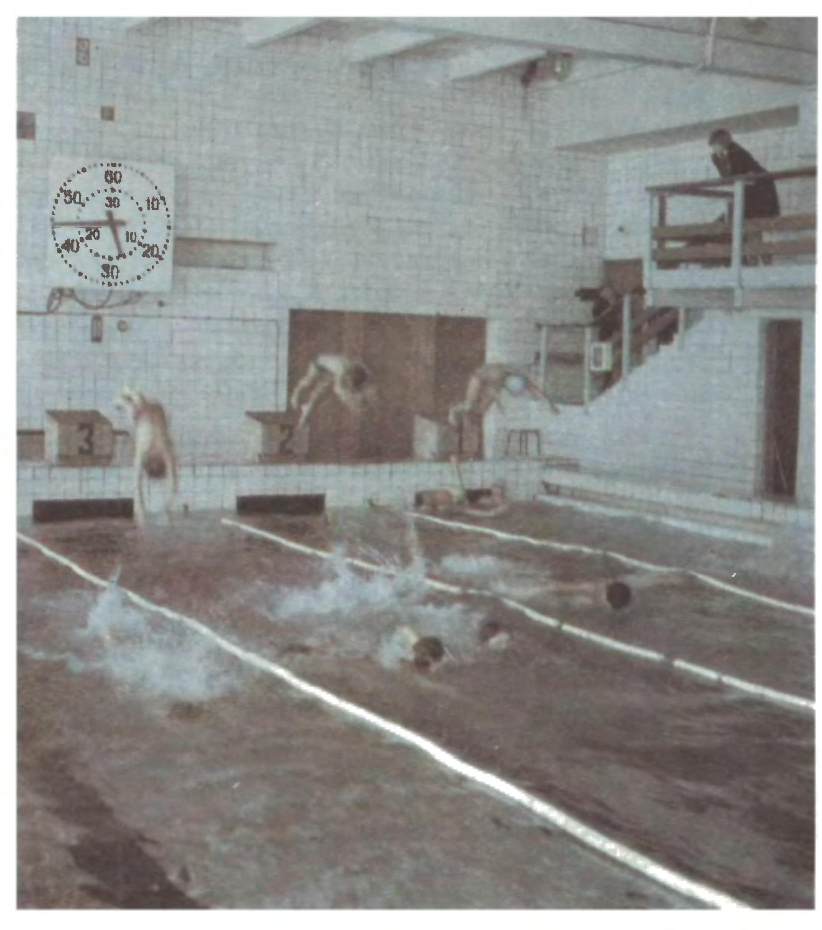
У людей с сухой кожей частое умывание с мылом может вызвать дерматит, сопровождающийся зудом, жжением, шелушением кожи. Чтобы предотвратить эти нежелательные явления, можно вместо умывания протирать кожу жирными лосьонами, смазывать кремами. При приеме ванны, чтобы смягчить кожу, в воду следует влить 2—3 стакана раствора буры (соль тетраборной кислоты) и мыться мылом «Детское», «Спермацетовое», «Ланолиновое» и др.

При жирной коже рекомендуют 2—3 раза в день мыть лицо и руки горячей водой с мылом, 1—2 раза протирать их обезжиривающими спиртовыми лосьонами, камфарным или салициловым спиртом.

Одежда должна быть свободной, чтобы под нею была воздушная теплоизолирующая прослойка. Нижняя — из мягких, не раздражающих кожу и хорошо поглощающих жир и пот тканей. Верхняя — из материалов, хорошо защищающих организм от холода, влаги, жары, обеспечивающих нормальный водо- и газообмен. Резиновую одежду и обувь не следует носить более 2 ч, и нужно регулярно ее просушивать.

Для предотвращения простудных

Занятия физкультурой и спортом — необходимое условие, от которого зависят ваше здоровье, работоспособность, хорошее настроение. ***На снимке:*** **игры в баскетбол на уроке физкультуры.**



Занятия в плавательном бассейне.

заболеваний или теплового перегрева необходимо закаливание организма. Водные процедуры — обтирания или купание в воде с температурой +20 +22°С — следует проводить при температуре воздуха не менее 20°С после физзарядки, начиная с 3—4 мин и доводя до 15—20 мин. Воздушные ванны можно начинать при температуре воздуха +15° в течение 15—20 мин и постепенно доводить их до 2—3 ч.

Солнечные ванны лучше всего принимать летом с 8 до 11 ч (осенью с 11 до 14 ч), начиная с 5—10 мин и доводя до 20—60 мин. При этом кожа загорает, в ней образуется витамин D, который повышает сопротивляемость организма простудным болезням.

Употребление алкоголя приводит к расширению сосудов кожи, увеличению теплоотдачи и легкому обморожению и замерзанию на холоде, а курение табака сужает капилляры кожи и уменьшает теплоотдачу, что способствует тепловому перегреву при высоких температурах.

Чистота и порядок в классе — дело ваших рук.



рошо проделать небольшие физические упражнения, умыть лицо холодной водой либо ненадолго переключиться на другой род деятельности. Это поможет поддержать рабочую форму.

С наступлением третьего периода (истощение) работу надо прекратить и отдохнуть. Различают отдых активный, связанный с переменой деятельности: прогулки на воздухе, игры, чтение художественной литературы, посещение кино, театра или музея, спорт; и пассивный: отдых в кресле, на диване, сон. Надо научиться правильно дозировать умственные и физические нагрузки, чередовать труд и отдых, рационально планировать свою работу. Поскольку к концу учебной четверти и учебного года работоспособность обычно понижается, режим необходимо в это время выдерживать более строго.

Малоподвижный образ жизни приводит к значительным нарушениям физического развития. При этом страдает не только мускулатура тела, недостаточно развиваются и другие системы организма, прежде всего нервная и сердечно-сосудистая (см. с. 183, 274), задерживается формирование произвольных движений, человек плохо владеет своим телом.

Необходимо следить за своей осанкой не

Примерный режим дня школьников, занимающихся в первую смену (начало занятий в 8 ч 30 мин)

Вид занятий и отдыха	Возраст школьников	
	11—13 лет (5—7-й классы)	14—17 лет (8—10-й классы)
Подъем	7 ч	7 ч
Утренняя зарядка, водные процедуры, уборка постели, туалет	7 ч—7 ч 30 мин	7 ч—7 ч 30 мин
Завтрак	7 ч 30 мин—7 ч 50 мин	7 ч 30 мин— 7 ч 50 мин
Дорога в школу или утренняя прогулка до начала занятий	7 ч 50 мин—8 ч 20 мин	7 ч 50 мин—8 ч 20 мин
Занятия в школе	8 ч 30 мин—14 ч	8 ч 30 мин—14 ч 30 мин

Вид занятий и отдыха	Возраст школьников	
	11—13 лет (5—7-й классы)	14—17 лет (8—10-й классы)
Горячий завтрак в школе или фрукты	Около 11 ч	Около 11 ч
Дорога из школы или прогулка после занятий	14 ч—14 ч 30 мин	14 ч 30 мин—15 ч
Обед	14 ч 30 мин—15 ч	15 ч—15 ч 30 мин
Прогулка, игры или занятия спортом на воздухе	15—17 ч	15 ч 30 мин—17 ч
Полдник	17 ч—17 ч 15 мин	17 ч—17 ч 15 мин
Приготовление домашних заданий	17 ч—19 ч 30 мин	17 — 20 ч
Ужин и свободные занятия (чтение, музыкальные занятия, ручной труд, помощь семье, дополнительные занятия иностранным языком)	19 ч 30 мин—21 ч	Для учащихся 13—15 лет 20 ч—21 ч 30 мин Для учащихся 16—17 лет 20—22 ч
Приготовление ко сну (гигиенические мероприятия — чистка одежды, обуви, умывание)	21 ч—21 ч 30 мин	Для учащихся 13—15 лет 21 ч 30 мин—22 ч Для учащихся 16—17 лет 22 ч—22 ч 30 мин
Сон	21 ч 30 мин—7 ч	Для учащихся 13—15 лет 22 ч—7 ч Для учащихся 16—17 лет 22 ч 30 мин—7 ч

Примерный режим дня школьников, занимающихся во вторую смену (начало занятий в 14 ч)

Вид занятий и отдыха	Возраст школьников	
	11—13 лет (5—7-й классы)	14—17 лет (8—10-й классы)
Подъем	7 ч	7 ч
Утренняя зарядка, водные процедуры, уборка постели, туалет	7 ч—7 ч 30 мин	7 ч—7 ч 30 мин
Первый завтрак	7 ч 30 мин—7 ч 50 мин	7 ч 30 мин— 7 ч 50 мин
Прогулка на свежем воздухе	7 ч 50 мин—8 ч 20 мин	7 ч 50 мин—8 ч 20 мин
Приготовление домашних заданий	8 ч 20 мин—11 ч	8 ч 20 мин—11 ч 30 мин
Второй завтрак или фрукты	Около 11 ч	Около 11 ч
Свободные занятия (чтение, музыкальные занятия, ручной труд, помощь семье, дополнительные занятия иностранным языком)	11 ч—11 ч 30 мин	11 ч 30 мин—12 ч
Прогулка или игры и спорт на воздухе	11 ч 30 мин—13 ч	12—13 ч
Обед	13 ч—13 ч 30 мин	13 ч—13 ч 30 мин
Дорога в школу или прогулка перед занятиями	13 ч 30 мин—14 ч	13 ч 30 мин—14 ч
Занятия в школе	14 ч—19 ч 30 мин	14 ч—20 ч
Полдник в школе	15 ч 45 мин—16 ч	15 ч 45 мин—16 ч
Дорога домой или прогулка после учебных занятий	19 ч 30 мин—20 ч	20 ч—20 ч 30 мин
Ужин и свободные занятия, прогулка, игры или занятия спортом на свежем воздухе	20 ч—21 ч	Для школьников 13—15 лет 20 ч 30 мин—21 ч Для школьников 16—17 лет 20 ч 30 мин—22 ч
Приготовление ко сну (гигиенические мероприятия — чистка одежды, обуви, умывание)	21 ч—21 ч 30 мин	Для школьников 16—17 лет 22 ч—22 ч 30 мин
Сон	21 ч 30 мин—7 ч	Для школьников 13—15 лет 21 ч 30 мин—22 ч—7 ч Для школьников 16—17 лет 22 ч—22 ч 30 мин—7 ч

только в положении стоя или сидя, но и во время ходьбы, а также при работе. В школьной мастерской и дома надо следить за точностью рабочих движений и позой, правильно держать инструмент, соблюдать постоянный ритм в работе.

Важная проблема — борьба с инфекционными, функциональными заболеваниями, а также с травмами. Скопление большого числа людей в одном помещении — благоприятное условие для развития многих болезнетворных микроорганизмов. Чтобы избежать заражения, необходимо соблюдать правила личной и общественной гигиены: содержать в чистоте школьное помещение, не уклоняться от профилактических прививок, закалять свой организм.

Во время уроков труда, физики, химии, биологии и других предметов важно тщательно соблюдать правила техники безопасности. При работе на станках с подвижными частями следует убрать под кепку или косынку волосы, застегнуть пуговицы, надеть предохранительные очки. Опилки не сбрасывать с верстака руками и не сдувать, а пользоваться специальной щеткой. Инструмент надо содержать в исправном состоянии. Это поможет избежать травм. При шитье следует пересчитать иголки и булавки, а после окончания работы проверить, все ли они на месте, иначе забытая иголка может стать причиной опасной травмы.

Перед допуском к сельхозмашинам и перед другими сельскохозяйственными работами необходимо сдать экзамен по правилам техники безопасности. Работать с химикатами можно только в присутствии взрослых. При необходимости надевать спецодежду, а после окончания работы вымыть руки с мылом. Обычно в каждой мастерской рядом с умывальником находится аптечка, в которой хранятся предметы и средства первой помощи. При травме во время полевых работ необходимо оказать пострадавшему первую помощь, затем доставить к врачу и сделать противостолбнячную прививку.

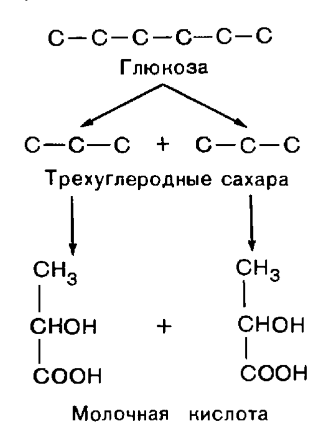
Необходимо правильно питаться и соблюдать рациональный питьевой режим (см. с. 231). Калорийность пищи зависит от многих причин: от возраста, энергетических затрат, климатических условий. В среднем для учащихся младших и средних классов необходимо 2000—2500 ккал в сутки, а для старшеклассников — 2500—3000 ккал. Вредно как недоедание, так и переедание. Недостаток питания у детей и подростков часто приводит к отклонениям в деятельности больших полушарий головного мозга и задержке интеллектуального и физического развития, переедание — к избыточной массе тела.

Спать желательно ложиться в одно и то же время. Комнату перед сном надо хорошо проветрить. Температура в спальне не должна превышать 18° С.

Помните, что ваше здоровье и работоспособность во многом зависят от вас самих.

ГЛИКОЛИЗ

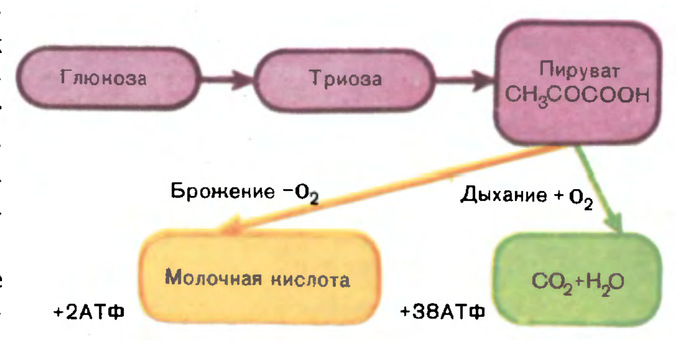
Гликолиз (от греческих слов glykys — сладкий и lysis — растворение) — постепенный процесс расщепления шестиуглеродной молекулы глюкозы на 2 трехуглеродные молекулы молочной кислоты, идущий в *клетках* живых организмов. Эти превращения происходят в цепи последовательных ферментативных реакций, протекающих в цитоплазме. Это наиболее древний и широко распространенный путь расщепления глюкозы, обеспечивающий организму получение энергии и питательных веществ. В процессе гликолиза на каждую израсходованную молекулу глюкозы образуется 2 молекулы АТФ (см. *Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)*).



Глюкоза ⟶ 2 мол молочной кислоты

Гликолиз идет в бескислородных условиях, необратимо, так как равновесие смещено полностью в сторону образования молочной кислоты. Он характерен для широкого круга организмов, начиная от молочнокислых *бактерий* и кончая клетками животных и человека.

Схема процесса гликолиза и его связи с процессами дыхания и брожения с указанием количества молекул АТФ, образующихся при расщеплении одной молекулы глюкозы.



Но клетки *аэробных* организмов больше энергии получают за счет процессов *дыхания*, когда глюкоза, пройдя гликолиз, расщепляется дальше, до конечных продуктов CO_2 и H_2O. За счет же гликолиза аэробы могут покрывать свои энергетические затраты в условиях нехватки кислорода. Например, это наблюдается в длительно работающей мышце: из-за недостатка кислорода в ее клетках преобладают процессы гликолиза.

Для получения того же количества энергии клеткам, находящимся в анаэробных условиях, приходится путем гликолиза расходовать гораздо больше субстрата, чем при дыхании в кислородной среде.

ГНИЕНИЕ

Гниение, или аммонификация, — один из наиболее распространенных процессов на земной поверхности. Сущность его заключается в распаде органических азотсодержащих веществ (в основном белковых) до аммиака и других продуктов. Вызывается он различными микроорганизмами — аммонификаторами (*бактериями*, плесневыми грибами).

Гниение происходит везде, где есть органические остатки. Особенно оно распространено в почве. Существуют различные мнения по поводу этого процесса. Одни ученые считают его строго анаэробным. Другие же включают в это понятие совокупность всех катаболитных реакций. Наилучшие условия для него — температура 25—30° С и достаточная влажность. При разложении *белков* прежде всего освобождаются *аминокислоты*, а из них уже аммиак, углекислый газ и сероводород. При гниении белков обычно выделяются соединения с резким неприятным запахом — индол и скатол, содержащиеся и в экскрементах. Индол и скатол образуются в результате деятельности микроорганизмов, живущих в толстых кишках человека и животных.

С процессами гниения мы часто сталкиваемся в повседневной жизни. Так, постоявшие несколько дней при комнатной температуре мясо, молоко или творог приобретают неприятный запах — это начались процессы гниения.

ГОМЕОСТАЗ

Жизнь возможна только при относительно небольшом диапазоне отклонений различных характеристик внутренней среды — физико-химических (кислотность, осмотическое давление, температура и др.) и физиологических (артериальное давление, содержание сахара в *крови* и др.) — от определенной средней величины. Постоянство внутренней среды живого организма называют гомеостазом (от греческих слов homoios — подобный, одинаковый и stasis — состояние).

Под действием факторов внешней среды жизненно важные характеристики внутренней среды могут изменяться. Тогда в организме возникают реакции, направленные на их восстановление или предотвращение таких изменений. Эти реакции называются гомеостатическими. При потере крови, например, происходит сужение сосудов, препятствующее падению артериального давления. При увеличении расхода сахара во время физической работы увеличивается его выделение в кровь из печени, что предотвращает падение уровня сахара в крови. При увеличении выработки тепла в организме расширяются кожные сосуды, и поэтому усиливается теплоотдача, что препятствует перегреву тела.

Гомеостатические реакции организует центральная *нервная система*, которая регулирует активность вегетативной и *эндокринной систем*. Последние уже непосредственно влияют на тонус кровеносных сосудов, интенсивность *обмена веществ*, работу сердца и других органов. Механизмы одной и той же гомеостатической реакции и их эффективность могут быть различными и зависят от множества факторов, в том числе наследственных.

Пример гомеостаза у растений — сохранение постоянства оводненности листьев путем открывания и закрывания устьиц (см. *Транспирация*).

Гомеостазом называют также сохранение постоянства видового состава и числа особей в *биоценозах*, способность *популяции* поддерживать динамическое равновесие генетического состава, что обеспечивает ее максимальную жизнеспособность (генетический гомеостаз).

ГОМОЗИГОТЫ

Если организм наследует от отца и от матери одну и ту же форму (*аллель*) какого-нибудь *гена*, он называется гомозиготным по данному гену. Чем больше гомозиготных генов в потомстве, тем выше гомозиготность организма. Высока гомозиготность у чистых линий самоопыляющихся растений, а также у организмов, полученных в результате многих поколений близкородственного скрещивания: у растений — путем искусственного самоопыления, у животных — скрещиванием братьев с сестрами — сибсов (см. *Инбридинг*).

Повышение гомозиготности закрепляет свойства породы, но часто приводит к снижению жизнеспособности, темпа *роста* и продуктивности. Добиться 100%-ной гомозиготности в чистых линиях практически невозможно, однако близкородственную *популяцию* можно, например, довести до такого уровня генетического сходства, что внутри чистой линии мышей можно свободно пересаживать от особи к особи *ткани* и органы и они не будут отторгаться, так же как у однояйцевых *близнецов*.

Выведение чистых линий и пород важно для работы селекционеров, но товарную продукцию получают в основном от гетерозиготных (см. *Гетерозиготы*) помесей между ними. Продолжительное разведение породы «в себе» приводит к вырождению, учащению наследственных заболеваний и росту числа уродств, потому что в этом случае вредные, а иногда приводящие к смерти аллели наследуются и от отца, и от матери и с большей частотой проявляются в признаках организма.

ГОМОЛОГИЯ

Гомология (от греческого слова homologia — соответствие) — это сходство структур организмов, основанное на родстве. Гомологичными называют органы (а также *ткани, белки,* последовательности *нуклеиновых кислот*), которые состоят из сходных элементов, развиваются (органы и ткани) из сходных частей эмбриона и занимают сходное положение среди других частей организма. При этом они могут выполнять разные функции.

Например, плавательный пузырь рыб и легкие наземных позвоночных, зубы млекопитающих и чешуя акуловых рыб, слуховые косточки среднего уха млекопитающих и кости челюстной и подъязычной дуг у рыб — гомологичные образования. Наоборот, глаза человека и осьминога, несмотря на внешнее сходство, — органы аналогичные (см. *Аналогия*).



Пример гомологии в строении скелета передней конечности позвоночных: *1—3* — приспособления к полету. У вымершего птеродактиля (*1*) летательная перепонка поддерживалась на одном разросшемся мизинце, у птицы (*2*) крыловая пластина опирается на всю переднюю конечность, у летучей мыши (*3*) перепонка натянута между четырьмя пальцами. У кита (*4*) передняя конечность образует грудной плавник. Рука человека (*5*) близка к исходному типу. Анализ развития и расположения скелета конечностей позвоночных свидетельствует, что все эти органы по происхождению едины, а различия связаны с их разными функциями.

Несколько иной смысл это слово имеет в генетике. Гомологичными *хромосомами* генетики называют пары одинаковых хромосом (несущих гены тех же признаков), полученных от отца и матери и соединяющихся в процессе *мейоза*. Гомологичны те гены, которые возникли от одного гена-прародителя, но могут кодировать белки с разными функциями.

Установление гомологий между структурами разных видов — важнейший способ изучения их *филогенеза*. Если два организма имеют гомологичные, хотя и различные по строению и функциям, структуры, значит, они связаны родством, ведут начало от общего предка.

ГОРМОНЫ

Гормоны (от греческого слова hormao — привожу в движение, побуждаю) — *биологически активные вещества*, вырабатываемые в организме специализированными *клетками* или *органами* — железами внутренней секреции (см. *Эндокринная система*) и оказывающие целенаправленное воздействие на деятельность других клеток.

Гормоны обладают высокой и специфической биологической активностью, т. е. действуют в очень малых количествах — менее одной миллионной грамма и только на клетки, имеющие специализированные воспринимающие участки — *рецепторы*, разные для разных гормонов. Эти вещества обладают дистантным действием, т. е. могут действовать на клетки, расположенные в отдалении от места образования гормонов.

Клетки, вырабатывающие гормоны, могут образовывать специальные органы — железы внутренней секреции, или эндокринные. Но могут располагаться и в других органах, выполняющих в организме не только эндокринные функции (поджелудочная железа, кишечник и др.). Железы внутренней секреции выделяют свои продукты непосредственно в кровь. Обычно каждая железа вырабатывает не один, а несколько гормонов. Объясняется это не только тем, что в ней присутствуют эндокринные клетки разных типов, но и тем, что в кровь могут выделяться промежуточные продукты синтеза и метаболизма гормонов, которые обладают собственной биологической активностью. Например, гипофиз состоит из множества различных клеток, продуцирующих разные гормоны, а щитовидная железа выделяет в кровь не только гормон тироксин, но и трийодтиронин (образующиеся в клетках одного типа).

По своей химической природе гормоны могут быть *пептидами, белками*, производными холестерина (стероиды) или *аминокислот*. К первой группе относятся гормоны гипоталамуса, гипофиза, поджелудочной железы и др. Стероидные гормоны вырабатываются клетками коркового слоя надпочечников и половых желёз. Мозговой слой надпочечников и основная масса клеток щитовидной желёзы выделяют гормоны — производные аминокислоты тирозина.

К гормонам причисляют ряд соединений, вырабатываемых практически всеми клетками организма, но оказывающих как местное, так и дистантное действие, в частности простагландины — производные высших ненасыщенных жирных кислот. В состав многих гормонов входят остатки *углеводов*, металлы, микроэлементы (например, йод, цинк).

Одни гормоны влияют на клетку, взаимодействуя со специальными белками — рецепторами ее наружной оболочки — *мембраны*. В результате в клетке появляются специальные посредники гормональных сигналов — циклические нуклеотиды, ионы кальция, простагландины. Они уже меняют активность внутриклеточных *ферментов*, что приводит к конечному физиологическому или биохимическому эффекту гормона. Другие гормоны сами проникают внутрь клетки и связываются с рецепторами клеточного *ядра* или других составных частей клетки, меняя их деятельность.

Гормоны выполняют в организме разнообразные и очень важные функции. Так, гормон *роста* регулирует размеры тела. При его недостатке человек становится карликом, а при избытке, наоборот, развивается гигантизм, когда рост человека может превышать 2,5 м. Гормоны щитовидной железы необходимы для развития организма. При их отсутствии головастик, например, не может превратиться в лягушку, а у человека плохо развивается головной мозг и возникает кретинизм. При недостатке или избытке гормонов возникают тяжелые заболевания: сахарная болезнь (диабет) — при недостатке гормона поджелудочной железы инсулина; базедова болезнь — при избытке гормонов щитовидной железы и др; преждевременное половое созревание или появление черт, свойственных противоположному полу, — при избытке или нарушении соотношения гормонов мужских и женских половых желёз.

Большинство известных гормонов получено в чистом виде и искусственно синтезировано в лабораториях. Многие белковые гормоны (инсулин, гормон роста) теперь получают не только из животного сырья или путем химического синтеза, но и методами *генной инженерии*. Это открывает новые источники получения гормонов и дает возможность выяснить их разностороннее влияние на клетки, что важно для применения этих веществ в медицине и сельском хозяйстве (например, для повышения продуктивности животноводства).

Д

ДАРВИНИЗМ

Дарвинизм — теория *эволюции* органического мира посредством *естественного отбора,* созданная великим английским натуралистом *Ч. Дарвином.* Она совершила подлинную революцию во всем естествознании. Первый вариант ее Дарвин набросал в 1842 г., вскоре после завершения кругосветного путешествия на корабле «Бигл». Однако его книга «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» вышла в свет только в 1859 г. Термин «дарвинизм» впервые ввел английский натуралист А. Уоллес, выпустив в свет книгу под таким названием. Независимо от Дарвина он в 1858 г. пришел к сходным выводам, но признал первенство за Дарвином.

Дарвин впервые дал строго научную теорию эволюции. При этом он исходил из следующих положений:

1. Все животные и растения подвержены неопределенной наследственной *изменчивости* и производят на свет потомство, отличающееся по многим признакам. Дарвин привел многочисленные доказательства существования такой изменчивости как в природе, так и у домашних животных и культурных растений. Сейчас мы знаем, что эта изменчивость — результат *мутаций,* изменений в строении *генов,* в ДНК.

2. Все организмы на Земле размножаются в геометрической прогрессии, число появляющегося на свет потомства превосходит число взрослых особей. При благоприятных условиях (отсутствие врагов и неограниченность пищевых ресурсов) численность любого вида могла бы достичь фантастических величин. Слон плодится медленнее всех известных животных, но за 740—750 лет потомство одной пары составило бы около 19 млн. особей. Пара воробьев за 10 лет дала бы потомство в 257 716 983 636 особей! Очень быстро наступило бы перенаселение.

3. Как правило, ничего подобного в природе не происходит. Конечно, бывают случаи взрывного размножения, например, вируса гриппа при эпидемии, завезенных из Европы кроликов в Австралии, европейского чертополоха в Аргентине. Но численность всех организмов в среднем остается более или менее постоянной (чаще всего она колеблется около средней величины). Причина проста: далеко не все потомство доживает до половозрелости. Треска выметывает до 10 млн. икринок, но в каждом поколении в среднем выживает и достигает половозрелости не больше двух рыб. Если бы это число возросло, трески за считанные поколения в морях и океанах стало бы больше, чем воды. При меньшем числе выживших рыб треска очень быстро вымерла бы, как вымерли динозавры и многие другие животные, а также растения. Поэтому Дарвин сделал вывод — выживают победители в *борьбе за существование.*

Итак, неопределенная наследственная изменчивость поставляет материал для естественного отбора, который осуществляют условия внешней среды — хищники и паразиты, недостаток пищи, климат и многое другое. Доживают до половозрелости и оставляют потомство более быстрые зайцы и более ловкие лисицы, самые плодовитые, наиболее морозоустойчивые особи и т. д. — смотря по тому, в каких условиях живет вид, с какими факторами внешней среды он сталкивается.

В этом принципиальное отличие дарвинизма от всех предшествующих эволюционных теорий, например учения *Ж. Б. Ламарка.* И до Дарвина были эволюционисты, писавшие об изменениях в органической природе. Дед Чарлза Дарвина, Эразм Дарвин, написал даже поэму об эволюции. Но все они не могли разгадать механизм эволюционного процесса и в конечном счете сводили эволюцию к ламаркизму, т. е. к направленным, приспособительным, целесообразным изменениям, к ложному представлению о том, что организм сам способен изменить себя и свое потомство в полезном для себя направлении.

Дарвин принципом естественного отбора ненаправленных (случайных) наследственных изменений объяснил и приспособленность всех организмов к условиям внешней среды, и расхождение (дивергенцию) признаков в процессе эволюции, и усложнение, совершенствование организации (прогрессивную эволюцию).

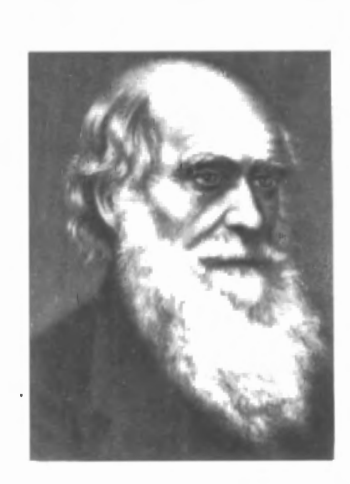
До конца жизни Дарвин продолжал развивать созданное им эволюционное учение: он писал о происхождении человека и половом отборе (частном случае естественного отбора), о насекомоядных растениях и способности растений к движению, о роли скрещивания в эволюции и изменениях домашних животных и культурных растений. Во всех случаях он прослеживал открытый им же эволюционный принцип.

Дарвинизм стремительно завоевал в XIX в. умы биологов; на сторону Дарвина стало большинство крупных прогрессивных ученых.

Во времена Дарвина практически не была разработана генетика — наука о закономерностях *наследственности* и *изменчивости*. Причины возникновения неопределенной наследственной изменчивости для Дарвина и его современников оставались неясными. Дарвин под конец жизни допускал неверное «ламаркистское» положение о наследовании признаков, приобретенных при жизни в результате упражнения или прямого влияния внешней среды. Неясности в учении Дарвина преодолены в современном *эволюционном учении*, которое является результатом синтеза дарвинизма и генетики, а в последние годы и молекулярной биологии.

Следует особо подчеркнуть, что современное эволюционное учение не вытеснило дарвинизм, а развилось из него. Дарвиновский принцип естественного отбора случайных, неопределенных наследственных изменений до сих пор служит единственно научным объяснением законов эволюции.

ЧАРЛЗ ДАРВИН (1809—1882)



«Зовут меня Чарлз Дарвин. Родился я в 1809 году, учился, проделал кругосветное плавание — и снова учился». Эта самая краткая автобиография отражает основные вехи жизни величайшего естествоиспытателя XIX в. английского ученого — основоположника *эволюционного учения*.

С 1831 по 1836 г. Ч. Дарвин совершает кругосветное путешествие на корабле «Бигл» в качестве натуралиста, основательно изучая геологию, фауну и флору Южной Америки и других стран на пути. Там же он перенес лихорадку, от последствий которой не мог оправиться всю жизнь. Плохое здоровье заставило его по возвращении поселиться в 1842 г. в деревне Даун, недалеко от Лондона, где он и провел всю свою жизнь.

Из путешествия на «Бигле» Дарвин привез не только большие зоологические, ботанические, палеонтологические и минералогические коллекции, не только теорию происхождения коралловых рифов и островов (сохранившую значение и до наших дней), но и твердое убеждение, что виды изменяются, живая природа не есть что-то застывшее с момента дня творения (см. *Эволюция*). Об эволюции писали многие, но никто до работ Дарвина не предложил удовлетворительного объяснения механизма этого процесса.

После изучения рукописей и записных книжек Дарвина стало известно, что основы новой эволюционной теории (см. *Эволюционное учение, Дарвинизм*) были сформулированы ее создателем еще в 1839 г. Через три года он уже набросал оставшийся в рукописи очерк на 35 страницах. Основная же книга «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» увидела свет лишь в 1859 г., и то после того, как Дарвина чуть было не опередил А. Уоллес. Дарвин напечатал ее по настоянию друзей, терзаясь сомнениями, достаточно ли он собрал фактов для обоснования теории и не следует ли уступить первенство Уоллесу: «Я скорей сожгу свою книгу, чем допущу, чтобы он (А. Уоллес)... подумал, будто я руководствуюсь недостойными побуждениями».

«Происхождение видов» — книга, совершившая революцию в естествознании, вышла в свет и была раскуплена в один день — 24 ноября 1859 г. В ней Дарвин показал, что виды растений и животных не остаются неизменными, существующие ныне произошли естественным путем от других видов. Целесообразность, наблюдаемая в живой природе, — результат *естественного отбора* полезных для организма признаков.

В дальнейшем Дарвин продолжал разрабатывать открытый им эволюционный принцип на разных объектах — от насекомоядных растений до человека. Он успел увидеть победу своей теории; популярность Дарвина при его жизни была огромна.

Умер Чарлз Дарвин 19 апреля 1882 г. со словами: «Я совсем не боюсь умереть». Он был похоронен в Вестминстерском аббатстве рядом с Ньютоном. Дарвин был одним из самых выдающихся ученых в истории биологической науки.

ДОМИНИРОВАНИЕ

Доминированием называют такое явление, когда одна из форм какого-либо *гена* — аллель, унаследованный от отца или от матери, влияет сильнее на признаки особи, чем другой аллель. Доминантные (от латинского слова dominus — господин), «сильные» аллели подавляют «слабые», называемые рецессивными. В результате одни признаки преобладают над другими. Например, у человека карий цвет глаз доминирует над голубым. Если один из родителей имеет два аллеля, обеспечивающие кареглазость, то у его детей всегда будут карие глаза, если же он имеет один такой аллель, в потомстве могут появиться глаза другого цвета — голубые или серые. Это доминантные и рецессивные признаки, определяемые доминантными и рецессивными аллелями. Новые доминантные аллели возникают в результате доминантных *мутаций*. Пример такой мутации — наследственная короткопалость у людей.

Иногда доминантность бывает неполной или совсем отсутствует (кодоминантность). Тогда на развитие признака действуют оба аллеля — отцовский и материнский, и потомство появляется с промежуточными признаками. Примеры кодоминантности — растения, у которых гибриды между красно- и белоцветковой формами имеют розовые цветки, голубые андалузские куры — помеси черных и белых. Окраска их слагается из множества черных пятнышек на белом фоне, сливающихся издали в голубой цвет.

На уровне синтеза *белков* действие аллелей обычно кодоминантно. У детей можно обнаружить белки, унаследованные как от отца, так и от матери, например группы *крови*.

ДЫХАНИЕ

Различают внешнее дыхание — совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление углекислого газа (см. *Дыхательная система*), и клеточное, или тканевое, дыхание — использование кислорода *клетками* и *тканями* для окисления органических веществ с освобождением энергии, необходимой для жизнедеятельности клеток. Дыхание характерно для клеток человека, животных, растений, грибов и многих микроорганизмов. В зависимости от типа дыхания различают аэробные и анаэробные микроорганизмы, многие из них способны переходить от одного типа дыхания к другому.

Молекулярная основа этих процессов — ступенчатое окисление углерода органических молекул до CO_2 и воды. Свободная энергия клеточного топлива запасается в форме энергии фосфатных связей АТФ (см. *Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)*). Выделившаяся энергия используется клеткой для выполнения работы: активного транспорта веществ через *мембраны*, механического движения, синтеза новых соединений и т. д.

Основные структуры эукариотической клетки, где происходит дыхание, — *митохондрии*. У *прокариот* нет митохондрий, и *ферменты* дыхания располагаются на внутренней стороне клеточной мембраны.

Процесс дыхания складывается из нескольких этапов (см. рис. на с. 93).

Сначала происходит гидролиз. *Углеводы, аминокислоты,* жиры подвергаются окислительному распаду. Окисление начинается с бескислородного расщепления глюкозы — *гликолиза*. Продукты обмена гликолиза включаются в так называемый цикл Кребса — замкнутый цикл последовательных биохимических реакций. При этом образуются CO_2 и водород (протон+электрон). CO_2 выводится из клетки, а водород идет в «дыхательную цепь» — цепь последовательных реакций переноса водорода и электронов. Ферменты, обслуживающие «дыхательную цепь», располагаются на внутренней мембране митохондрий. Энергия, выделяющаяся при переносе водорода и электронов в этой цепи, используется для образования АТФ в ходе окислительного фосфорилирования. Образующиеся внутри митохондрии молекулы АТФ переносятся в цитоплазму, обмениваясь на молекулы АДФ (аденозиндифосфорная кислота), находящиеся вне митохондрии.

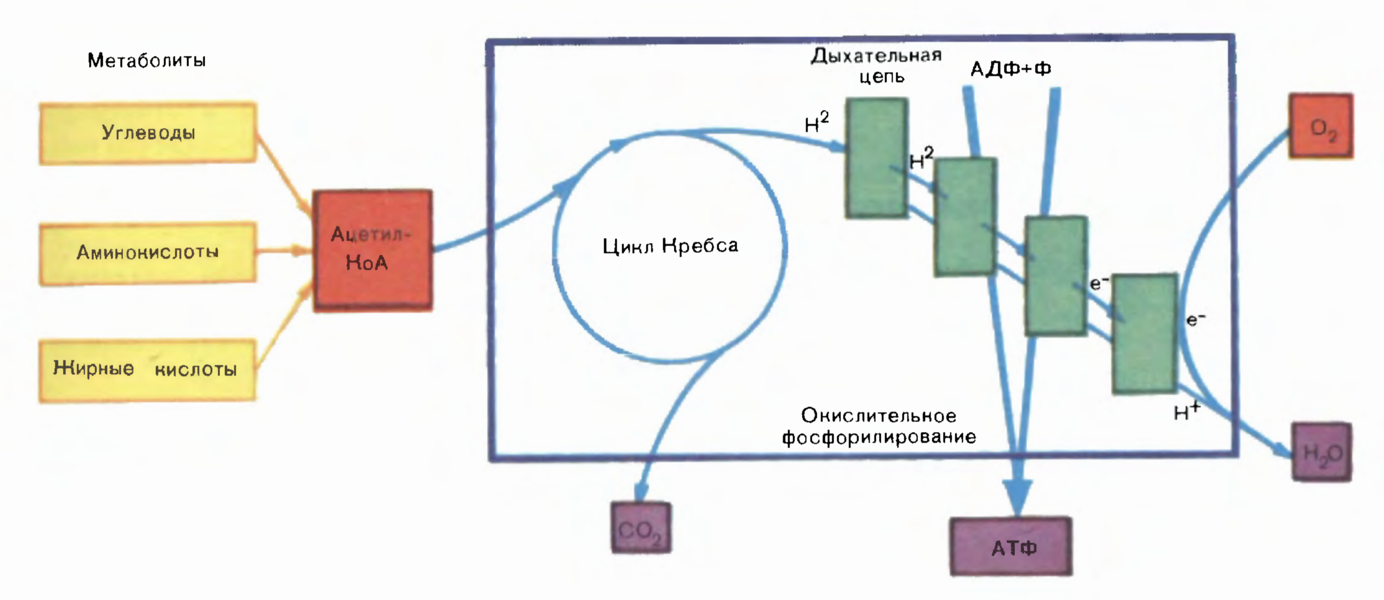
Аэробные клетки большую часть энергии получают за счет дыхания. Это очень сложный, но наиболее экономичный путь. При окислении глюкозы освобождается энергии в 13 раз больше, чем при анаэробном расщеплении. При бескислородном расщеплении 1 молекулы глюкозы синтезируются 2 молекулы АТФ, а при расщеплении 1 молекулы глюкозы в присутствии кислорода образуется 36 молекул АТФ, т. е. в 18 раз больше!

Бескислородный путь получения энергии клетками более древний. Дыхание возникло на Земле позже, когда в ее атмосфере появился кислород.

ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Подавляющее большинство животных нуждается в кислороде, так как образование энергии, необходимой для их жизнедеятельности, происходит за счет окислительных процессов, сопровождающихся выделением углекислого газа (см. *Биологическое окисление, Дыхание*).

Схема процесса дыхания.



Поступление кислорода в организм и удаление из него углекислого газа осуществляется благодаря процессам дыхания.

Наиболее простая форма дыхания у одноклеточных животных — путем диффузии газов через поверхность *клетки*.

У многоклеточных животных формируются разные типы дыхательных систем. Так, у губок и червей появляется кожное дыхание. Кислород и углекислый газ хорошо растворяются в воде и легко проходят через влажную поверхность тела в сторону меньшей концентрации газов.

Развитие хитинового покрова у насекомых исключило кожное дыхание и вызвало образование трахейной дыхательной системы (рис. 1). Это система тончайших трубочек, которые доходят до всех клеток и *тканей*. По трубочкам кислород из внешней среды проникает к тканям, а обратно выходит углекислый газ. У большинства водных животных появилось жаберное дыхание. Жабры имеют большую поверхность и могут в достаточной мере поглощать растворенный в воде в относительно небольшом количестве кислород (5—7 мл O_2 в 1 л воды). В 1 л воздуха содержится 210 мл кислорода. Потому у большинства наземных позвоночных, начиная с земноводных, основным типом дыхания становится легочное, хотя у земноводных еще 50% необходимого кислорода поглощается кожей.

У птиц есть еще и воздушные мешки — выросты легких, располагающиеся между внутренними *органами* и в полых костях (рис. 2). Газообмен у птиц происходит при вдохе и при выдохе, когда воздух проходит через легкие в воздушные мешки и обратно.

Наибольшего совершенства достигло дыхание млекопитающих за счет большого увеличения дыхательной поверхности легких. У человека она 90—100 м^2.

Дыхательные пути человека состоят из носовой и ротовой полости, носоглотки, гортани, трахеи, бронхов (рис. 3). В носовой полости вдыхаемый воздух согревается, увлажняется и очищается. Это предохраняет от заболеваний дыхательные пути и легкие.

Легкие состоят из легочных мешков, которые образованы бронхиолами, заканчивающимися слепыми мешочками — альвеолами. Каждая альвеола оплетена густой сетью кровеносных капилляров. Через стенки альвеол и капилляров происходит газообмен. Каждое легкое покрыто оболочкой плевры, состоящей из двух листков. Она образует замкнутую щелеобразную плевральную полость, так как внутренний листок покрывает легкое и, не прерываясь, переходит в наружный листок, который внутри выстилает грудную клетку. Внутри полости находится небольшое количество жидкости, которая облегчает скольжение листков относительно друг друга. Давление внутри плевральной полости всегда отрицательное, т. е. ниже атмосферного.



Рис. 1. Эволюция дыхательной системы. Трахейное дыхание у насекомых; жаберное дыхание у рыб.

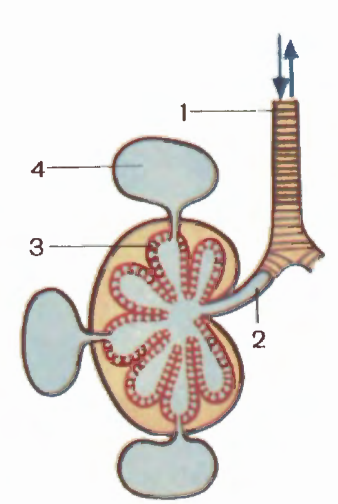


Рис. 2. Эволюция дыхательной системы. Легочное дыхание у птиц: *1* — трахея; *2* — бронхи; *3* — альвеолярные пузырьки; *4* — воздушные мешки.

Изменение объема грудной клетки при вдохе происходит за счет сокращения дыхательных межреберных мышц и диафрагмы. Это в свою очередь ведет к тому, что наружный листок плевры несколько отходит от внутреннего. Плевральная полость несколько увеличивается, давление в ней падает, что растягивает эластичную легочную ткань. Увеличение объема легких приводит к понижению в них давления, и наружный воздух засасывается в легкие. Так происходит вдох. В покое выдох происходит пассивно. Ребра под действием силы тяжести опускаются, диафрагма давлением внутренних органов поднимается, и объем грудной клетки уменьшается. Плевральная полость и легкие несколько сдавливаются, и легочный воздух выходит наружу. Усиленный выдох происходит за счет сокращения выдыхательной мускулатуры.

Максимальный объем выдоха после максимального вдоха (жизненная емкость легких) у мужчин в норме 4,8 л, у женщин — 3,3 л. У спортсменов-бегунов высокой квалификации он равен 8,0 л.

Эффективность легочного газообмена зависит от интенсивности дыхательных движений и состава вдыхаемого воздуха. Гребля, плавание, бег, физические упражнения на свежем воздухе способствуют легочной вентиляции.

Легочный газообмен происходит через тончайшие стенки альвеолярных пузырьков диффузно, за счет разницы парциального давления кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе и их напряжения в *крови* (рис. 4).

Парциальное, или частичное, давление газа в газовой смеси пропорционально процентному содержанию газа и общему давлению. Процентное содержание кислорода в атмосферном воздухе примерно 21%. При давлении воздуха 760 мм рт. ст. парциальное давление кислорода составляет $(760 \cdot 21)/100 \approx 159$ мм рт. ст.

Альвеолярный воздух насыщен водяными парами, кислорода в нем 14%, поэтому парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе равно $\approx$100—110 мм рт. ст.

В крови газы находятся в растворенном и химически связанном состоянии. В диффузии участвуют только молекулы растворенного газа. Напряжением газа в жидкости называют силу, с которой молекулы растворенного газа стремятся выйти в газовую среду. Эта сила зависит от процентного содержания газа в крови. Установлено, что напряжение кислорода в венозной крови — 40 мм рт. ст. Диффузионное давление (100—40=60 мм рт. ст.) способствует быстрому переходу кислорода в кровь, где он растворяется и соединяется с гемоглобином, образуя оксигемоглобин. В таком виде кислород доставляется к тканям.

Максимальное напряжение углекислого газа в тканях 60, в венозной крови 47 мм рт. ст., парциальное давление в альвеолярном воздухе 40 мм рт. ст. В венозной крови часть углекислого газа транспортируется в виде соеди-

ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ О ГИГИЕНЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ



Плохо сказывается на развитии и функционировании дыхательной системы большая запыленность и загазованность воздуха. Они приводят к повреждению эпителия дыхательных путей и легких, его высыханию или чрезмерному ослизнению, повреждению или накоплению пылевых частичек в легких. Это затрудняет газообмен и вызывает респираторные заболевания — трахеит, бронхит и др. Особенно вредно в этих условиях дыхание через рот.

Разрушительно действуют на органы дыхания курение табака и употребление алкоголя. Табачный дым содержит ядовитые вещества, например никотин, бензопирен, которые способствуют развитию злокачественных опухолей. У курильщиков особенно часты респираторные заболевания, а также рак губы, глотки. У них рак легких возникает в несколько раз чаще, чем у некурящих.

Алкоголь нарушает ритм дыхания, альвеолы утрачивают эластичность и чрезмерно расширяются, что приводит к застою крови, появлению слизи, отеку легких, расширению и нарушению функций бронхов, ослаблению газообмена.

Пребывание в душных помещениях приводит к тому, что человек быстро устает, ухудшается его память, скорость и точность реакций. Постоянный физический труд, занятия физкультурой и спортом на свежем воздухе помогают избежать развития этих нежелательных явлений.

Затрудняет дыхание неправильная осанка, неудачная поза, а также тесная одежда, вследствие чего уменьшаются размах дыхательных движений, растяжение легких, легочная вентиляция. Поэтому необходимо с детства вырабатывать правильную осанку, следить за своей позой.

Важно предупреждать инфекционные болезни органов дыхания — катар верхних дыхательных путей, грипп, ангину и др. Для профилактики их рекомендуется избегать переохлаждения, заниматься общим закаливанием организма.

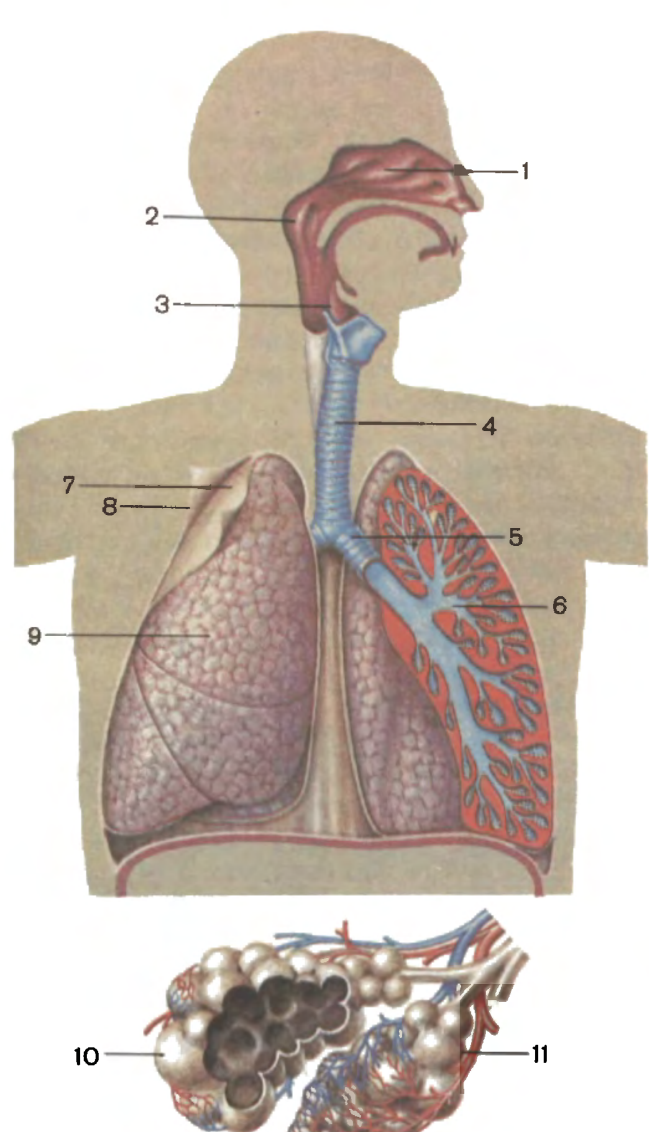


Рис. 3. Дыхательная система человека: *1* — носовая полость; *2* — носоглотка; *3* — гортань; *4* — трахея; *5* — бронхи; *6* — бронхиальные веточки; *7* — легочная плевра; *8* — пристеночная плевра; *9* — легкое; *10* — легочные пузырьки — альвеолы; *11* — кровеносные капилляры малого круга кровообращения.

нения с гемоглобином и солей угольной кислоты.

В легочных капиллярах с помощью *фермента* углекислый газ быстро отщепляется от химических соединений и за счет диффузионного давления (47—40=7 мм рт. ст.) уходит в альвеолярный, а затем при выдохе — в атмосферный воздух.

За время протекания крови через легкие напряжение газов в ней практически почти сравнивается с их парциальным давлением в легких. Аналогичная диффузия газов происходит в тканевых капиллярах только в обратном направлении: кислород поступает в ткани, а углекислый газ в кровь.

Небольшое количество газов всегда растворено в плазме крови (O_2, CO_2, N_2), в условиях нормального атмосферного давления эти растворимые газы не оказывают влияния на дыхание. Но при восхождении в горы, погружении в воду, в космических полетах необходимо учитывать влияние газов, растворимых в плазме крови. Например, при работе водолазов в условиях повышенного барометрического давления растворимый азот может оказывать наркотическое действие. Это важно учитывать и аквалангистам. Подъем с больших глубин производят медленно, с остановками, чтобы растворимые газы постепенно удалялись из крови и в кровеносных сосудах не образовывались воздушные пузырьки, которые при быстром подъеме могут нарушить кровообращение.

Регуляция дыхательных движений осуществляется дыхательным центром, который представлен совокупностью нервных клеток, расположенных в разных отделах центральной нервной системы. Основная часть дыхательного центра расположена в продолговатом мозге. Активность его зависит от концентрации углекислого газа (CO_2) в крови и от нервных импульсов, приходящих от рецепторов разных

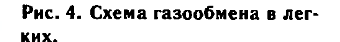


Рис. 4. Схема газообмена в легких.

внутренних органов и кожи.

Так, у новорожденного ребенка после перевязки пупочного канатика и отделения от организма матери в крови накапливается углекислый газ и снижается количество кислорода. Избыток CO_2 гуморально, а недостаток O_2 рефлекторно через рецепторы кровеносных сосудов возбуждают дыхательный центр. Это приводит к сокращению дыхательных мышц и увеличению объема грудной клетки, легкие расправляются, происходит первый вдох.

Нервная регуляция оказывает рефлекторное влияние на дыхание. Горячий или холодный раздражитель кожи, боль, страх, гнев, радость, физическая нагрузка быстро меняют характер дыхательных движений.

Е, Ж, З

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

Ч. Дарвин назвал естественным отбором «сохранение благоприятных индивидуальных различий и изменение и уничтожение вредных». Он исходил из того, что в природе нет совершенно одинаковых организмов (см. *Изменчивость*). Способность избегать хищников, устойчивость против болезней и паразитов, холода и жары и других факторов внешней среды колеблются в широких пределах у особей одного вида. Особи, успешно противостоящие неблагоприятным факторам и лучше использующие ресурсы внешней среды, с большей вероятностью могут оставить потомство.

Этот процесс, действующий на протяжении десятков и сотен поколений, — главная движущая сила *эволюции*. «Я не усматриваю предела деятельности этой силы, медленно и прекрасно приспособляющей каждую форму к самым сложным жизненным отношениям»,— писал Дарвин.

Однако в середине прошлого века экспериментальных доказательств существования отбора в природе было очень мало. Многие факты Дарвин объяснял его действием лишь предположительно. Почему, например, на маленьких островах в океане часто встречаются бескрылые насекомые? Дарвин отвечал на этот вопрос так: ветер отбирает бескрылых насекомых, унося крылатых в море. Но это было лишь предположение. Только в 30-х гг. нашего века французский ученый Ж. Тесье подтвердил мнение Дарвина на опыте. Он содержал на открытой веранде дома на морском берегу смешанную *популяцию* плодовой мушки — дрозофилы, 12,5% мушек в ней были бескрылыми, носителями *мутации* «зачаточные крылья». Через 2 мес. их было уже 67%! Затем мушек изолировали от ветра, и крылатые мухи, как более плодовитые и жизнеспособные, стали вытеснять бескрылых.

Вообще, в могучую силу отбора поверили лишь тогда, когда человек сам стал активно влиять на окружающую среду. Черная (меланистическая) форма бабочки березовой пяденицы была в Англии довольно редка (около 1%) до тех пор, пока заводы не закоптили каменноугольным дымом стволы деревьев в лесах. За 50 поколений, с 1848 по 1898 г., численность ее в загрязненных районах возросла до 99%; белых бабочек, хорошо заметных на покрытых копотью стволах, склевывали птицы. Там, где заводы перевели на электричество и газ, число белых бабочек возросло снова.

Сам того не желая, человек «вывел» насекомых, устойчивых к самым сильным ядам, вплоть до синильной кислоты; крыс, перед которыми бессильны все средства; *бактерий,* на которых не действуют самые эффективные *антибиотики.* Это произошло на протяжении немногих человеческих поколений, а естественный отбор действует в природе с момента возникновения жизни.

Важно помнить, что отбор идет по общей приспособленности организма, а не по какому-нибудь отдельному признаку. Поэтому организм в данный момент может иметь и бесполезные для него признаки (например, атавистические), а иногда и вредные; разумеется, лишь бы не снижалась общая приспособленность.

Различают три главные формы отбора — движущий, стабилизирующий и дизруптивный. При движущем, или центробежном, отборе бóльшую вероятность оставить потомство имеют особи, изменившиеся по каким-нибудь признакам по сравнению со средней для данного вида величиной (нормой). Отбирается один тип отклонений от нормы. Так появляются на свет черные березовые пяденицы и устойчивые к антибиотикам бактерии, более быстрые зайцы, засухо- и морозоустойчивые растения и т. д. Это путь возникновения новых видов, лучше приспособленных к условиям внешней среды, чем виды-родители. Человек применяет этот отбор, выводя более продуктивные сорта растений и породы животных. Но *искусственный отбор* часто ведется не по сумме признаков, а по одному признаку, важному для хозяйства. В результате бывает, что общая приспособленность организма снижается. Например, овцы с необычайно тонкой шерстью — электоральные мериносы, выведенные в XIX в., оказались нежизнеспособными — слабыми и восприимчивыми к болезням.

Стабилизирующий, или центростремительный, естественный отбор сохраняет в популяции среднее значение признаков (норму) и не пропускает в следующее поколение наиболее отклонившихся от этой нормы особей. Это путь сохранения видов неизменными. Например, из 327 полузамерзших воробьев, собранных на улицах Нью-Йорка после снежной бури, выжили лишь те птицы, которые по многим признакам (длина крыла, клюва, масса тела и т. д.) приближались к средней норме. Отклонившиеся от нее птицы погибли, хотя уход за всеми был одинаковый. Стабилизирующий отбор сохра-

нил значение и для человека: если масса новорожденных детей намного выше или ниже нормы (3600 г), то их смертность в среднем выше и за ними требуется более тщательный уход.

Человек применяет стабилизирующий отбор для сохранения признаков ценных пород животных и сортов растений.

При дизруптивном, или разрывающем, отборе отбирается не один тип отклонений от нормы, а два или больше. Это путь дробления предкового вида на дочерние группировки, каждая из которых может стать новым видом. При этом единый прежде вид распадается на группировки (расы, формы), отличающиеся морфологически, по времени размножения или же предпочитаемой пище. Например, некоторые лососевые рыбы образуют в озерах две формы — мелкую, питающуюся мелкими ракообразными, и крупную, хищную. В югославском озере Охрид такие формы уже стали двумя самостоятельными видами; одну из них выделяют даже в отдельный род. Сенокос или летние засухи приводят к разделению видов луговых растений на весенне- и осеннецветущие формы.

Человек применяет дизруптивный отбор, выводя мясные и молочные породы рогатого скота, верховых и тяжелоупряжных лошадей, разные породы собак и сорта культурных растений.

Выделяют еще семейный и групповой отбор,

ИВАН ИВАНОВИЧ ШМАЛЬГАУЗЕН (1884—1963)



Академик Иван Иванович Шмальгаузен — советский биолог, зоолог, один из крупных теоретиков *эволюционного учения.*

И. И. Шмальгаузен был необычайно разносторонним человеком. Ученик выдающегося отечественного зоолога академика *А. Н. Северцова,* он с самого начала научной деятельности занимался проблемами сравнительной анатомии, эмбриологии, процессами *роста.* В начале 30-х гг. Иван Иванович разработал теорию роста животных организмов, основные положения которой сохранили свое значение до наших дней. В частности, он предложил удобные математические формулы для описания процесса роста, введя так называемую константу роста.

В 40—50-х гг. ученый пришел к двум крупным общебиологическим обобщениям, обогатившим материалистическую теорию *эволюции Ч. Дарвина.* Одно из них — разработка и формулировка концепции целостности организма в индивидуальном и историческом развитии. Его труд «Организм как целое» до сих пор служит настольной книгой для многих биологов, занимающихся индивидуальным и историческим развитием организмов. Другое обобщение посвящено развитию учения Дарвина об *естественном отборе:* Шмальгаузен создал теорию стабилизирующего отбора — особой формы естественного отбора.

В последний период жизни И. И. Шмальгаузен работал над крупными биологическими проблемами. К решению одной из них — проблемы происхождения наземных позвоночных — он подошел с позиций не только палеонтологии, но и эволюционно-биологических. Затем ученый исследовал механизмы эволюционного процесса и индивидуального развития организмов как саморегулирующихся систем. Он изложил эволюционную теорию с позиций кибернетики, предвосхитив ряд ее положений.

И. И. Шмальгаузен всегда твердо отстаивал свои научные и гражданские убеждения. Он оставил огромное научное наследство, которое оказало большое влияние на развитие современной биологии.

И. И. Шмальгаузен был выдающимся организатором науки. В 1930 г. он создал Институт зоологии и биологии АН УССР в Киеве (ныне Институт зоологии и биологии им. И. И. Шмальгаузена АН УССР) и кафедру дарвинизма в Московском университете. Он долгое время был директором крупнейшего научного биологического учреждения — Института эволюционной морфологии АН СССР (ныне Институт эволюционной морфологии и экологии животных имени А. Н. Северцова). Учебники И. И. Шмальгаузена «Проблемы дарвинизма» и «Основы сравнительной анатомии позвоночных животных» до сих пор считаются одними из лучших в этих областях знаний.

когда преимущество в размножении получают не отдельные особи, а вся группа в целом. Так возникают приспособительные черты группового поведения муравейника, пчелиной семьи, табуна копытных или стаи обезьян.

Несмотря на то что разные формы естественного отбора могут приводить к разным, даже противоположным результатам (сохранение вида, превращение его в другой или же разделение на два и более), принцип у всех этих форм один — выживание и бо́льшая вероятность оставить потомство для наиболее приспособленных к данным условиям. Естественный отбор — единственный направленный фактор эволюции, создающий приспособленность видов к внешним условиям.

ЖГУТИКИ И РЕСНИЧКИ

Жгутики и реснички — специализированные органоиды движения *клеток*. Различают два типа жгутиков: одни — в клетках животных и низших растений, кроме цианобактерий, а другие — у *бактерий*. Реснички встречаются только в клетках животных.

Жгутики бактерий — это тонкие (15—20 нм), полые в середине нити, построенные из одного *белка* — флагеллина. Нити волнообразно изогнуты, имеют постоянную форму и сами не способны двигаться. В *мембране* бактериальной клетки находится базальное тельце жгутика, имеющее сложный белковый состав и строение. Жгутик соединяется с базальным тельцем с помощью крюка. Он совершает враща-

Продольный срез реснички: *1* — мембрана; *2* — спаренные микротрубочки; *3* — центральная пара микротрубочек; *4* — спица; *5* — мембрана реснички; *6* — переходная зона; *7* — плотная пластинка; *8* — базальное тельце; *9* — исчерченный корешок; *10* — сателлит базального тельца. *Справа* — поперечные срезы реснички на разных уровнях: *а* — изгибающаяся часть; *б* — неподвижное основание; *в* — переходная зона; *г* — базальное тельце.

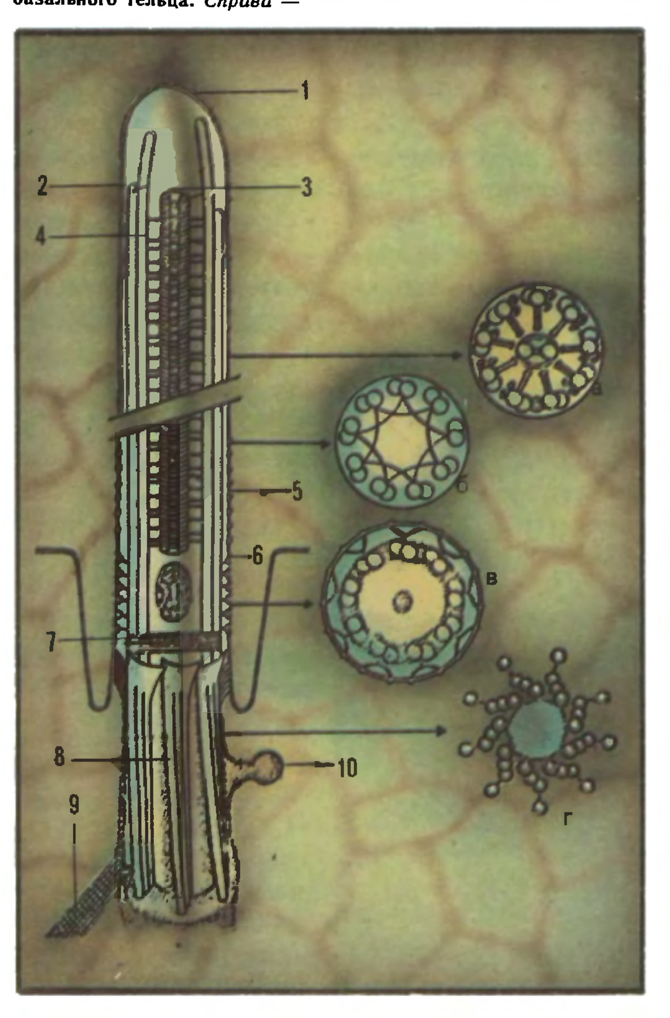
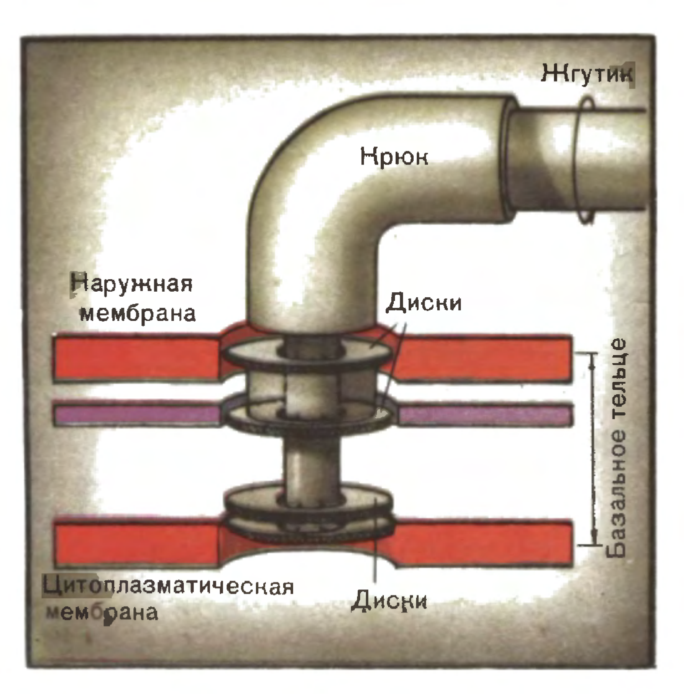
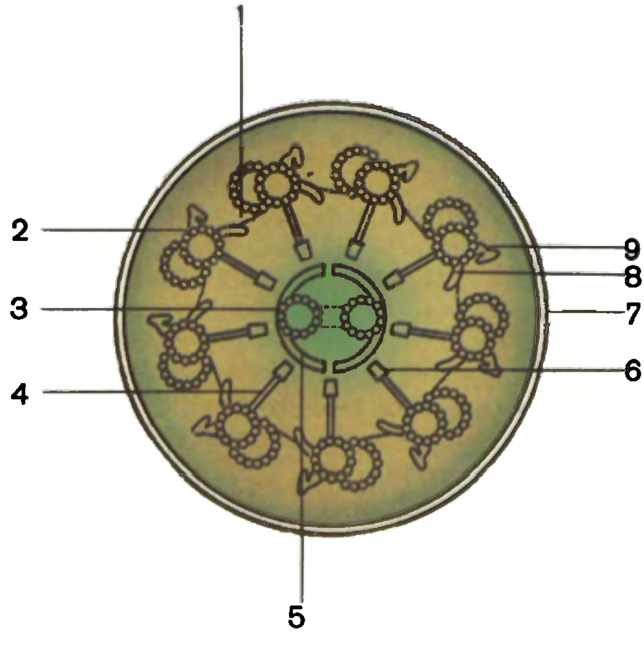


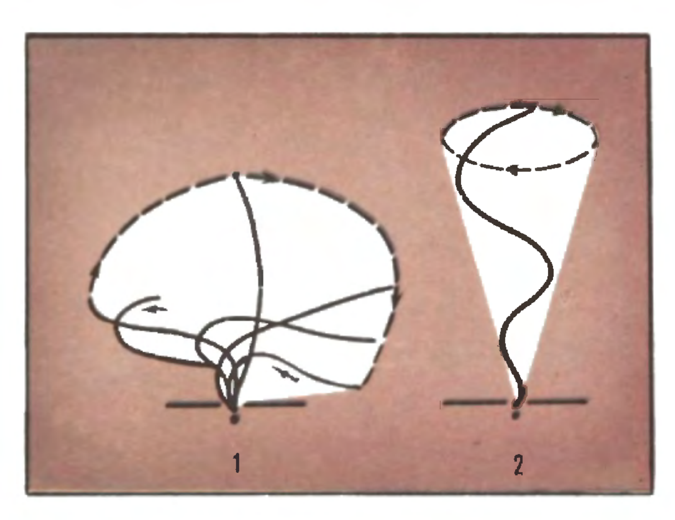
Схема строения бактериального жгутика.



Поперечный срез реснички: *1* — мостики между периферическими трубочками; *2* — спаренные трубочки; *3* — центральная трубочка; *4* — спица; *5* — центральная капсула; *6* — головка спицы; *7* — мембрана; *8* — внутренний динеиновый выступ; *9* — внешний динеиновый выступ.



Траектория движения реснички (*а*) и жгутика (*б*).

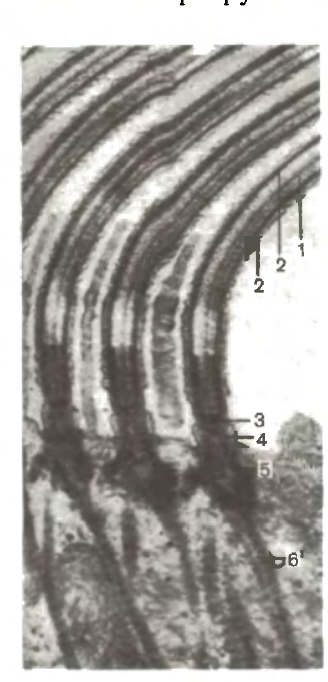


тельные движения (истинное вращение). Вращающим элементом служит базальное тельце, движущееся внутри бактериальной мембраны, подобно ротору в электромоторе. Интересно, что и источник энергии для вращения жгутика не энергия химических веществ (типа АТФ), а разность электрохимических потенциалов на мембране бактериальной клетки.

Жгутики и реснички животных и растений гораздо крупнее. Они имеют диаметр около 250 нм и достигают в длину нескольких миллиметров. В отличие от бактериальных эти жгутики покрыты мембраной и обладают собственной подвижностью.

Строение и принцип работы жгутиков и ресничек совершенно одинаковы. Различия между ними лишь в количестве: обычно на одну клетку приходится один или несколько жгутиков, а ресничек до нескольких тысяч.

Под мембраной у жгутиков (ресничек) располагается стержневая структура — аксонема. Она состоит из 9 спаренных *микротрубочек,* расположенных по окружности, и 2 одиночных микротрубочек в центре. Центральные и периферические микротрубочки соединены между собой системой связок. В состав периферических микротрубочек входит белок тубулин и специфический для жгутиков белок — динеин. Динеин использует энергию АТФ (см. *Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ),* расщепляя ее до АДФ (аденозиндифосфорной кислоты), и, взаимодействуя с тубулином, превращает энергию в механическую работу по перемещению спаренных микротрубочек относительно соседних — скольжению. Две центральные микротрубочки и система связок превращают скольжение отдельных микротрубочек внутри аксонемы в изгибание всей аксонемы, а это и приводит в движение жгутик (ресничку). Движение состоит либо из псевдовращения (такое движение мы производим, например, делая вращательные движения рукой) — так чаще всего бьются жгутики; либо из возвратно-поступательных колебаний в одной плоскости, типичных для ресничек.



Продольный срез ресничек жабры мидии: *1* — центральная пара микротрубочек аксонемы; *2* — периферические пары; *3* — плотная пластинка; *4* — шейка базального тельца; *5* — базальное тельце; *6* — исчерченные корешки. Электронная микрофотография. Увеличение в 30 тыс. раз.

В основании жгутиков (ресничек) лежат базальные тельца, но в отличие от бактериальных они не связаны с движением, а служат для роста аксонемы и закрепления жгутика (реснички) в клетке. Часто от базальных телец в глубь цитоплазмы отходят дополнительные заякоривающие структуры — исчерченные корешки.

Жгутики и реснички обеспечивают движение свободноживущих клеток. Реснички создают поток жидкости вдоль поверхности неподвижных клеток (например, в дыхательных путях согласованное биение миллионов ресничек обеспечивает удаление из легких пылевых частиц).

У некоторых животных (например, млекопитающих) имеются наряду с подвижными ресничками еще и неподвижные — чувствительные реснички. Последние не имеют двух центральных микротрубочек и иногда вообще лишены аксонемы, но всегда имеют в основании базальное тельце. Таковы палочки сетчатки глаза, реснички обонятельных луковиц, реснички во внутреннем ухе (орган равновесия).

ЖИВОРОЖДЕНИЕ

Живорождение — это такой способ воспроизведения потомства, при котором зародыш развивается внутри материнского организма и на свет появляется особь, уже свободная от яйцевых оболочек. Живородящи некоторые кишечнополостные, ветвистоусые рачки, моллюски, многие круглые черви, некоторые иглокожие, сальпы, рыбы (акулы, скаты, а также аквариумные рыбы — гуппи, меченосцы, моллиенезии и др.), некоторые жабы, червяги, саламандры, черепахи, ящерицы, змеи, почти

У некоторых растений на надземных органах формируются растеньица — детки, падающие затем на почву. Пример такого растения — бриофиллум, или каланхое.



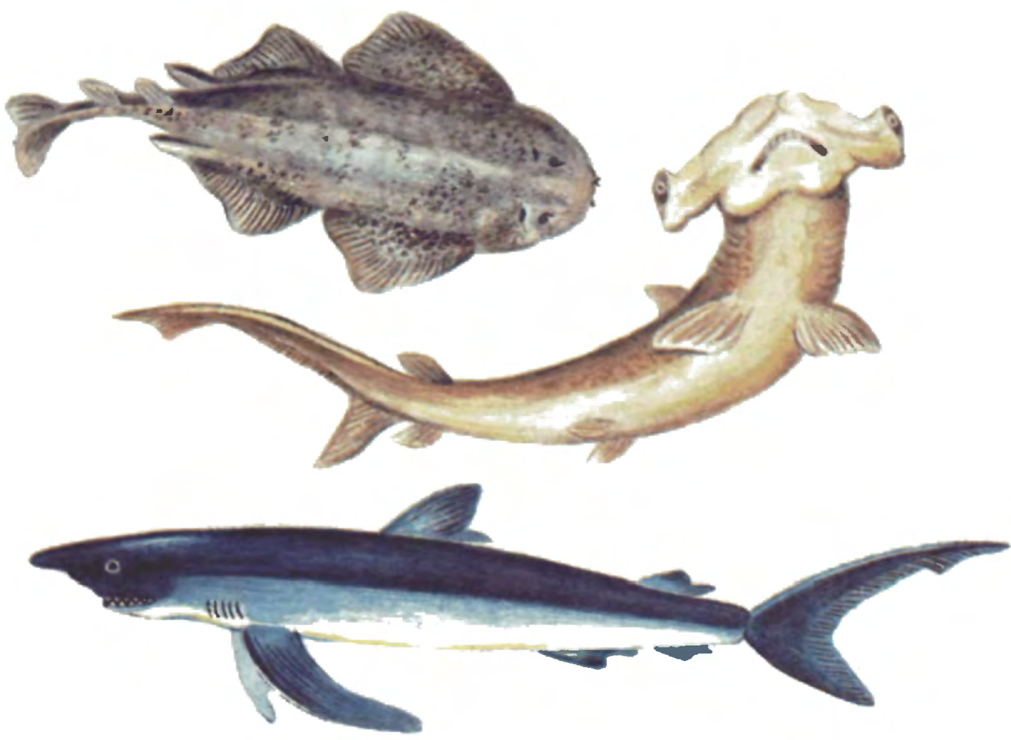
все млекопитающие (в том числе и человек).

Истинным живорождением часто считают лишь рождение особей у плацентарных. Такое живорождение противопоставляют яйцерождению, когда развитие зародыша и освобождение его от яйцевых оболочек происходят вне материнского организма — после откладки яиц. Оно свойственно, например, насекомым, большинству рыб, птицам, пресмыкающимся. Историческая связь между живорождением и яйцерождением доказывается случаями яйцеживорождения, когда зародыш достигает полного развития в яйце, находящемся в теле матери, и там же происходит освобождение его от яйцевых оболочек (у некоторых рыб и змей).

Развитие зародыша при живорождении может происходить в яичнике, яйцеводах или в их расширениях, преобразованных в матку. Источником питания при живорождении служат запасные питательные вещества яйца или же вещества, поступающие из материнского организма. В последнем случае часто имеется специальный орган — плацента, через который осуществляется газообмен и питание зародыша (у некоторых членистоногих, у сальп, некоторых видов акул и скатов, млекопитающих животных, кроме клоачных и сумчатых, и у человека).

У некоторых растений в пазухах листьев и в соцветиях вместо цветков образуются маленькие побеги, отпадающие с материнского растения и укореняющиеся. Такие растения назвали живородящими, так как ошибочно считали, что у них на материнском растении прорастают семена. Распространены эти расте-

Живородящие акулы: *(сверху вниз)*: *1* — **ангел;** *2* — **рыба-молот;** *3* — **синяя акула.**



Яйцеживородящие аквариумные рыбы: 1 — моллиенезия; 2 — меченосец; 3 — гуппи; 4 — гамбузия.



ния главным образом в полярных, высокогорных или степных местах, где не успевают вызреть семена. К ним относится, например, степной мятлик, некоторые арктические овсяницы, камнеломки. К живородящим растениям причисляют и те, на листьях которых возникают «детки», которые затем отваливаются и прорастают, как, например, у комнатного бриофиллуша.

ЖИЗНЬ И ЕЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Под понятием «жизнь» большинство ученых сейчас подразумевают процесс существования сложных систем, состоящих из больших органических молекул и способных самовоспроизводиться и поддерживать свое существование в результате обмена энергией и веществом с окружающей средой. По современным представлениям возраст Земли, как и всей Солнечной системы, около 4,6 млрд. лет, поэтому вряд ли жизнь старше этого срока. Существует и давняя гипотеза о том, что жизнь имеет неземное происхождение и занесена на Землю извне, из космоса, однако доказательств этого нет. Кроме того, та жизнь, которую мы знаем, удивительно приспособлена для существования в земных условиях, и если она возникла вне Земли, то на планете земного типа. Поэтому обычно при изучении происхождения жизни исходят из тех условий, которые существовали на только что сформировавшейся Земле.

Еще *Ч. Дарвин* понял, что жизнь может возникнуть только... при отсутствии жизни. Вездесущие микроорганизмы, распространенные сейчас на Земле, использовали бы, «съедали» вновь возникающие органические вещества. Поэтому возникновение жизни в привычных нам земных условиях невозможно.

Второе условие, при котором жизнь может возникнуть, — отсутствие свободного кислорода в атмосфере. Это важное открытие сделали советский ученый *А. И. Опарин* (1924) и английский ученый Дж. Б. С. Холдейн (1929). Первичная атмосфера Земли имела, как предполагают, восстановительный характер и состояла из паров воды, углекислого газа, водорода, азота и аммиака, возможно, с добавкой синильной кислоты, которую обнаружили астрономы в хвостах комет. Поэтому возникающие на поверхности Земли органические вещества могли накапливаться, не окисляясь. И сейчас на нашей планете они накапливаются только в бескислородных условиях, так возникают торф, каменный уголь и нефть.

Американский биолог Ж. Лёб в 1912 г. первым получил из смеси газов под действием электрического разряда простейший компонент *белков — аминокислоту* глицин. Возможно, кроме глицина он получил и другие аминокислоты, но в то время еще не было методов, позволяющих определить их малые количества.

Открытие Лёба прошло незамеченным, поэтому первый абиогенный синтез органических веществ (т. е. идущий без участия живых организмов) из случайной смеси газов приписывают американским ученым С. Миллеру и Г. Юри. В 1953 г. они получили в стеклянной колбе под действием электрического разряда, имитирующего молнию, из водорода, воды, метана и аммиака сложную смесь из многих десятков органических веществ. Среди них преобладали органические (карбоновые) кислоты — муравьиная, уксусная и яблочная, их альдегиды, а также аминокислоты. Опыты Миллера и Юри были многократно проверены на смесях разных газов и при разных источниках энергии (солнечный свет, ультрафиолетовое и радиоактивное излучение и просто тепло). Органические вещества возникали во всех случаях.

По данным, полученным в последнее время советскими учеными, простейшие органические вещества могут возникать и в космическом пространстве при температуре, близкой к абсолютному нулю. В принципе Земля могла бы получить абиогенные органические вещества и как «приданое» при возникновении.

В результате водоемы на Земле, и прежде всего океан, превратились в «первичный бульон» — сложный раствор органических веществ, которым в принципе могли бы питаться анаэробные *бактерии*. Кроме аминокислот в нем были и предшественники *нуклеиновых кислот* — пуриновые и пиримидиновые основания, сахара́, фосфаты и многое другое.

Однако низкомолекулярные органические

Около 5 млрд. лет назад в газопылевой туманности — предшественнице Солнечной системы (*1*) начался процесс аккреции — слипания частиц в планеты и центральное светило (*2*). Сначала Земля была безжизненной (*3*), но в первичных водоемах шел абиогенный синтез мономеров — нуклеиновых оснований и аминокислот (*4*). На склонах вулканов, у горячих источников возникали предшественники белков — протеиноиды и нуклеиновых кислот — олигонук-

вещества еще не жизнь. Основу жизни представляют *биополимеры* — длинные молекулы белков и нуклеиновых кислот, слагающиеся из звеньев — аминокислот и нуклеотидов. Реакция полимеризации первичных звеньев в водном растворе не идет, так как при соединении друг с другом двух аминокислот или двух нуклеотидов отщепляется молекула воды. Реакция в воде пойдет в обратную сторону. Скорость расщепления (гидролиза) биополимеров будет больше, чем скорость их синтеза. В цитоплазме наших *клеток* синтез биополимеров — сложный процесс, идущий с затратой энергии АТФ. Чтобы он шел, нужны ДНК, РНК и белки, которые сами являются результатом этого процесса. Ясно, что биополимеры не могли возникнуть сами в «первичном бульоне».

Возможно, первичный синтез биополимеров шел при замораживании «первичного бульона» или же при нагревании сухого его остатка. Американский исследователь С. У. Фокс, нагревая до 130° сухую смесь аминокислот, показал, что в этом случае реакция полимеризации идет (выделяющаяся вода испаряется) и получаются искусственные протеиноиды, похожие на белки, имеющие до 200 и более

АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ ОПАРИН (1894—1980)



Академик Александр Иванович Опарин — советский биохимик, создатель материалистической гипотезы возникновения жизни на Земле.

С детства будущего ученого интересовала биология: он знал названия многих растений и условия их произрастания. В Московском университете Опарин слушал лекции *К. А. Тимирязева*. Учение *Ч. Дарвина* потрясло его, но одновременно оставило чувство неудовлетворенности: не была решена проблема происхождения живого. Этой проблеме Александр Иванович посвятил всю свою жизнь (см. *Жизнь и ее происхождение*).

Уже в 1922 г. он сформулировал основные положения своей теории происхождения жизни на Земле в результате *эволюции* углеродистых соединений. Но лишь в 1953 г. появилось ее первое экспериментальное подтверждение. Американские ученые С. Миллер и Г. Юри поставили эксперимент по программе, намеченной Опариным, и получили результаты, которые побудили ученых различных стран заняться исследованиями возможных путей предбиологической эволюции.

В 1957 г. в Москве состоялся 1-й Международный симпозиум по проблеме происхождения жизни. Спустя десятилетие было организовано Международное общество по изучению происхождения жизни, объединившее ученых разных специальностей: биологов и химиков, геологов и астрономов, физиков и математиков. По предложению американских ученых в 1977 г. им была учреждена Золотая медаль имени А. И. Опарина, присуждаемая раз в три года за выдающиеся заслуги в изучении возможных путей происхождения жизни.

А. И. Опарин работал не только над проблемой происхождения жизни. Его трудами заложены основы советской технической биохимии: биохимии хлебопечения (совместно с *А. Н. Бахом*), сыроделия, виноделия, хранения овощей и др.

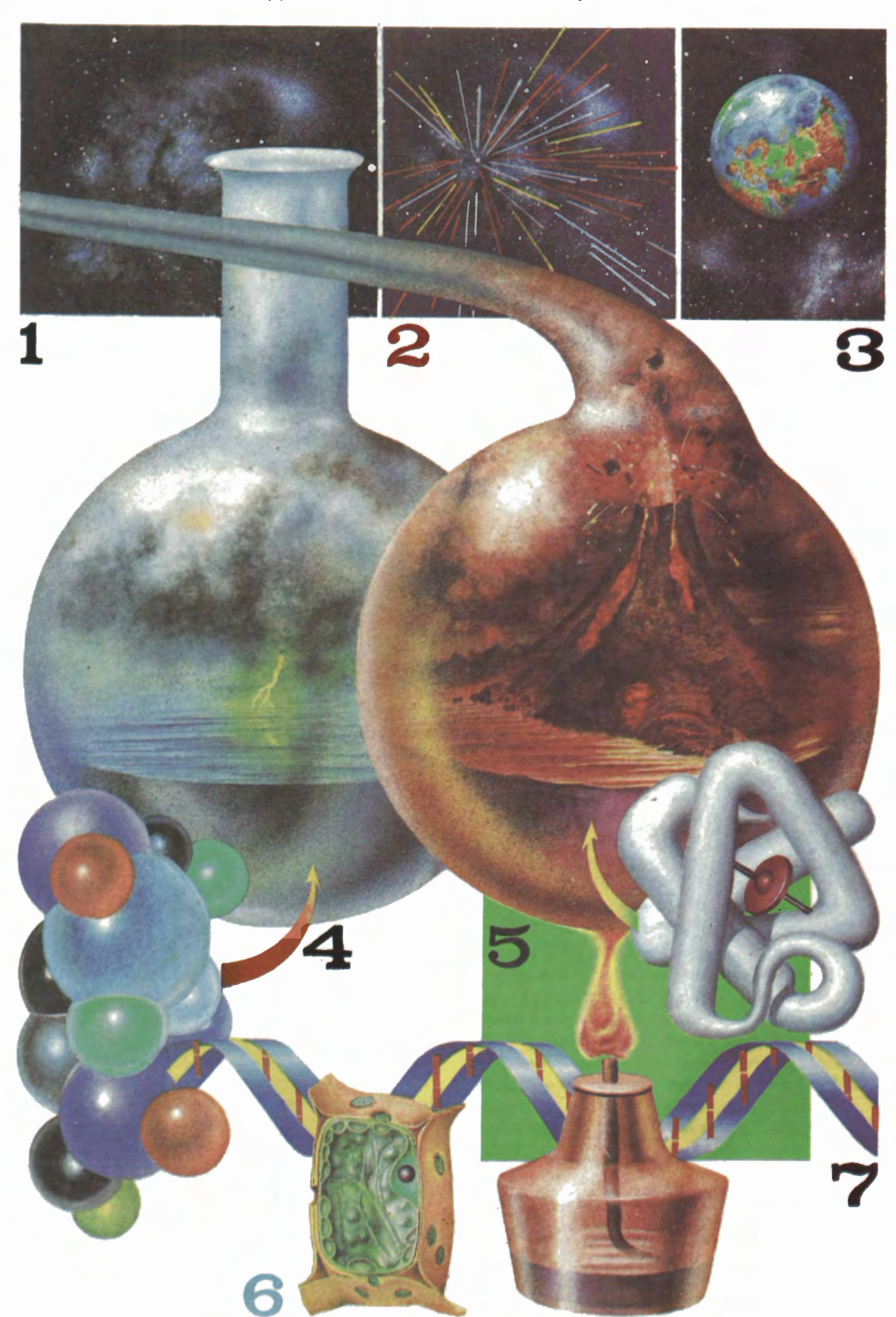
Более 50 лет жизни посвятил Опарин подготовке советских биохимиков, в течение 25 лет он заведовал кафедрой биохимии растений Московского государственного университета.

Всех, кто работал с Опариным, поражала его способность необычайно быстро вникать в суть любой проблемы и находить лучшие пути ее решения. Энциклопедические знания, острота и широта ума, способность воспринимать новое, умение радоваться жизни и желание прийти на помощь привлекали к нему людей, работавших рядом с ним.

С основания Института биохимии АН СССР (1935) Опарин был заместителем директора, а затем его директором. Долгое время работал академиком-секретарем отделения биологии Академии наук СССР, был первым президентом, а затем почетным президентом Всесоюзного биохимического общества и Международного общества по изучению происхождения жизни, председателем Всесоюзного общества «Знание», членом Всемирного Совета Мира и вице-президентом Международной федерации ученых.

А. И. Опарину присвоено высокое звание Героя Социалистического Труда и лауреата Ленинской премии.

леотиды (*5*). С накоплением в водоемах биополимеров возникали ограниченные белково-липидными мембранами структуры, предшественники клеток (*6*). С возникновением в клеткоподобной структуре (протоклетке) протогена — двойной цепочки нуклеотидов, способной реплицироваться и кодировать построение белков, появилась жизнь.



аминокислот в цепи. Растворенные в воде, они обладали свойствами белков, представляли питательную среду для бактерий и даже катализировали (ускоряли) некоторые химические реакции, как настоящие *ферменты.* Возможно, они возникали в предбиологическую эпоху на раскаленных склонах вулканов, а затем дожди смывали их в «первичный бульон». Есть и такая точка зрения, что синтез биополимеров шел непосредственно в первичной атмосфере и образующиеся соединения выпадали в «первичный бульон» в виде частиц пыли.

Следующий предполагаемый этап возникновения жизни —протоклетки. А. И. Опарин показал, что в стоящих растворах органических веществ образуются коацерваты — микроскопические «капельки», ограниченные полупроницаемой оболочкой — первичной мембраной. В коацерватах могут концентрироваться органические вещества, в них быстрее идут реакции, обмен веществ с окружающей средой, и они даже могут делиться, как бактерии. Подобный процесс наблюдал при растворении искусственных протеиноидов Фокс, он назвал эти шарики микросферами.

В протоклетках вроде коацерватов или микросфер шли реакции полимеризации нуклеотидов, пока из них не сформировался протоген — первичный *ген,* способный катализировать возникновение определенной аминокислотной последовательности — первого белка. Вероятно, первым таким белком был предшественник фермента, катализирующего синтез ДНК или РНК — ДНК- или РНК-полимераза. Те протоклетки, в которых возник примитивный механизм *наследственности* и белкового синтеза, быстрее делились и «перекачали» в себя все органические вещества «первичного бульона». На этой стадии шел уже *естественный отбор* на скорость размножения; любое усовершенствование биосинтеза подхватывалось, и новые протоклетки вытесняли все предыдущие.

До сих пор остается загадочным явление асимметрии органических молекул. Дело в том, что асимметрические молекулы аминокислот, сахаров и других веществ могут существовать в двух формах, выглядящих как зеркальные отражения друг друга. Их назвали правыми и левыми. При абиогенном синтезе они возникают в равном количестве. Но аминокислоты, слагающие белки всех земных организмов, всегда левые, а сахара́ (рибоза и дезоксирибоза) нуклеиновых кислот всегда правые. Причина этого явления неясна. Вероятно, асимметрия ускоряла процесс синтеза белков, нуклеиновых кислот и рост протоклеток. Это удалось воспроизвести в модельных опытах на ЭВМ: «протоклетки» из правых или левых элементов «росли» быстрее и вытесняли симметричные. То, что аминокислоты у нас левые, а сахара́ правые, можно объяснить случайностью.

Последние этапы возникновения жизни — происхождение *рибосом* и транспортных РНК, генетического кода и энергетического механизма клетки с использованием АТФ — еще не удалось воспроизвести в лаборатории. Все эти структуры и процессы имеются уже у самых примитивных микроорганизмов, и принцип их строения и функционирования не менялся за всю историю Земли. Поэтому заключительную сцену грандиозного спектакля происхождения жизни мы можем пока реконструировать только предположительно — до тех пор, пока ее не удастся воссоздать в эксперименте. Быть может, такие протоклетки существуют до сих пор на какой-либо из планет в космосе, где жизнь начала развиваться позже или развивалась медленнее.

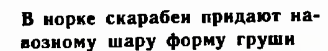
Пока можно лишь утверждать, что на возникновение жизни в земном варианте потребовалось относительно мало времени — менее 1 млрд. лет. Уже 3,8 млрд. лет назад существовали первые микроорганизмы, от которых произошло все многообразие форм земной жизни (см. *Развитие жизни на Земле*).

ЗАБОТА О ПОТОМСТВЕ

Для того чтобы вид продолжал существовать, каждое поколение должно оставить после себя потомство, способное к размножению. Большинство беспозвоночных и рыб не проявляют заботы о потомстве. Они просто выметывают тысячи яиц, только из части их появляется молодь, еще меньшее число ее вырастает и размножается. Более надежный способ продолжить род — после рождения ограниченного числа детенышей обеспечить их пищей, защитить от хищников и даже обучить некоторым навыкам. Заботу о потомстве проявляют в разных формах многие животные. Большинство из них наделены специальными родительскими *инстинктами,* однако у высокоорганизованных животных важное значение имеет также индивидуально приобретенный опыт.

В простейшем виде забота о потомстве имеется у всех организмов и выражается в том, что размножение происходит только в условиях, благоприятных для потомства, — при наличии пищи, подходящей температуре и т. д.

Забота о потомстве у многих животных начинается с подготовки к появлению его на свет. Часто сезонные *миграции* животных связаны с перемещением в места размножения, иногда за многие тысячи километров от мест обитания. Животные, не совершающие таких далеких путешествий, тоже заранее выбирают свою гнездовую территорию, а многие



Жуки скарабеи катят к норке навозный шар — запас корма для потомства.



В норке скарабеи придают навозному шару форму груши и откладывают яичко в более узкую ее часть.



из них тщательно охраняют ее и готовят укрытия — гнезда, норы, берлоги, приспособленные для будущего потомства.

Много родительских забот связано с выкармливанием потомства.

У большинства насекомых заботы о потомстве несложны. Самке достаточно отложить яйца в таком месте, где ее личинки нашли бы подходящую пищу, например личинки бабочки капустной белянки — капусту. Но некоторые насекомые специально подготавливают для потомства кров и пищу, например собиратели меда — осы и пчелы. А осы-охотницы снабжают своих личинок сверчками и кузнечиками. Прежде чем отложить яйцо, оса сфекс вводит яд в нервные узлы своей жертвы, так что она остается неподвижной, но живой и служит личинке запасом свежей пищи на весь период ее развития. У жуков-навозников в заготовке корма для потомства — навозных шариков участвуют не только самки, но и самцы.

У многих птиц птенцы вылупляются совер

Макропод у гнезда с икрой, которое он строит из пузырьков воздуха. Как и многие другие цихловые рыбы, он заботливо ухаживает за икрой и личинками.



Сетчатый питон насиживает яйца.



Сумчатая квакша носит свое потомство в специальной «сумке».



Центральноамериканский листолаз носит своих головастиков на спине, что повышает их выживаемость.



Малый пестрый дятел неутомимо носит своим птенцам пищу.



Иволга заботливо укрыла птенцов от дождя. *Внизу* — соловей обогревает птенцов.



шенно беспомощными и нуждаются в частом и регулярном питании, некоторые насекомоядные птицы кормят потомство до 200 раз в день! Иногда родители (сойки, кедровки и др.) пищу для будущих птенцов запасают с осени. Потомство выводковых птиц — кур, уток, гусей и др. — появляется на свет самостоятельным, умеющим плавать, ходить, клевать. Родителям остается только водить их к корму, воде, охранять от врагов, обогревать (см. *Запечатление*).

Самки млекопитающих кормят детенышей молоком, пока они не станут способными есть иную пищу. У одних животных этот период длится несколько недель, у других — дольше, а у человекообразных обезьян — несколько лет. Постепенно родители начинают приучать детей к взрослой пище — показывают съедобные растения, учат охотиться.

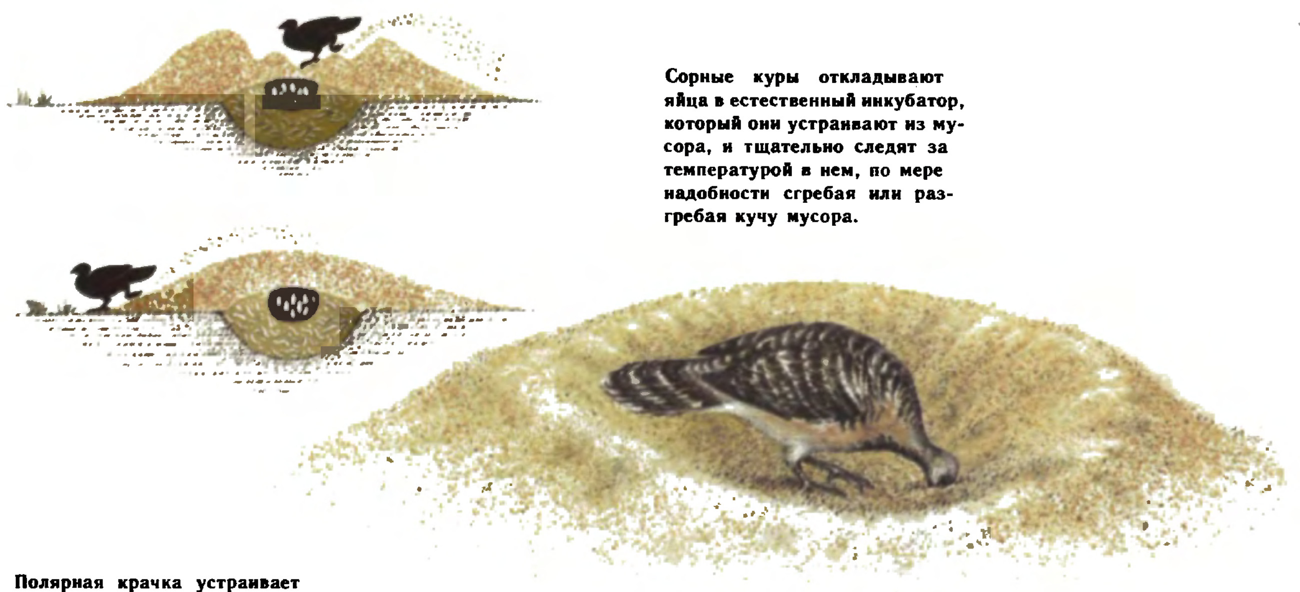


Ласточки-береговушки строят для гнезд норы в крутых, обрывистых берегах рек.





Зуек охраняет свое гнездо от врагов.



Сорные куры откладывают яйца в естественный инкубатор, который они устраивают из мусора, и тщательно следят за температурой в нем, по мере надобности сгребая или разгребая кучу мусора.

Полярная крачка устраивает гнездо в небольшом углублении.



Многие животные защищают потомство от врагов. У птиц для этой цели служит колониальное гнездование, но и гнездящиеся одиночно птицы также могут объединиться, чтобы отогнать хищника от своих гнезд. Например, если на дерево, где есть гнездо ворон, пытается залезть кошка или даже человек, к нему слетается 10—15 птиц, которые с криками набрасываются на нарушителя спокойствия.

Большинство млекопитающих в период воспитания детенышей более возбудимы, чем обычно. Многие крупные дикие млекопитающие нападают на людей именно тогда, когда те угрожают детенышам или оказываются близко от них. Лосиха не допускает к детенышу никого, в том числе и других лосей.

У многих млекопитающих и птиц детеныши подолгу остаются с родителями, приобретая путем подражания необходимые для жизни

Самка гренландского тюленя, защищая детенышей, принимает угрожающую позу.



Внизу: самка лося с лосятами. Лось становится опасным для тех, кто угрожает его потомству. Защищая детенышей, он пускает в ход разящие копыта.

навыки. Это период воспитания потомства. Родители учат детенышей выбирать и находить пищу, воду и даже целебные растения, а также укрытия для сна или на случай непогоды. Особенно развиты эти формы родительской заботы у млекопитающих с долгим сроком жизни. У слонов и некоторых человекообразных обезьян подростковый период продолжается до 8—10 лет. В воспитании потомства у них принимают участие не только родители, но и

практически все взрослые члены группы. Старшие братья, а особенно сестры или просто самки, не имеющие в данный момент собственного потомства, следят за детенышем, помогают его кормить, ухаживают за ним, играют с ним. В случае гибели матери они, как правило, усыновляют осиротевшего детеныша. Подобная коллективная форма заботы о потомстве значительно повышает шансы на его выживание.

Наивысшее развитие забота о потомстве получает у человека. Он не только заботится о жизнеобеспечении детей, но и воспитывает их, передает им свой жизненный опыт и знания, накопленные в истории.

ЗАПЕЧАТЛЕНИЕ

У многих видов млекопитающих и птиц, потомство которых появляется на свет достаточно сформировавшимся, существует врожденная реакция следования молодняка за матерью. Например, гусята сразу после вылупления самостоятельно передвигаются и следуют за гусыней по земле или в воде. Инкубаторные гусята будут следовать за любым животным, даже неодушевленным движущимся предметом, оказавшимся в этот период в поле их зрения. Впоследствии они всегда будут реагировать на этот предмет, даже если им придется выбирать между ним и настоящей гусыней. Следовательно, эта инстинктивная реакция не полностью запрограммирована генетически. Для ее окончательного формирования необходимо, чтобы в определенный момент развития произошло ознакомление животного с раздражителем, вызывающим данную реакцию. Это явление называют запечатлением или импринтингом (от английского слова imprinting — запечатление).

Запечатление образа матери происходит обычно вскоре после вылупления или рождения в течение ограниченного промежутка времени, который называют чувствительным периодом. Животные реагируют на этот раздражитель в течение всей жизни. Однако форма реакции с возрастом меняется. Когда птицы вырастают, реакция следования у них исчезает, но с наступлением сезона размножения они выбирают себе пару среди представителей того же вида, с которым были воспитаны и признаки которого они запечатлели ранее. Выросшие в неволе, они пытаются ухаживать за неодушевленным предметом или человеком. Чувствительные периоды существуют и для некоторых видов обучения. Например, для формирования песни самцов у некоторых птиц необходимо, чтобы в определенный период раннего развития молодой самец слышал песни взрослой птицы. Так бывает, например, у канареек.

Запечатление важно и для формирования общественного поведения млекопитающих. Воспитанные человеком ягнята обычно следуют за ним и не проявляют интереса к овцам.



Инстинкт следования за родителями или за тем, кто окажется на их месте, формируется у гусят в короткий период запечатления.

Исследования этого явления у животных важны не только для разработки теории *поведения животных,* но и для практики, например в животноводстве.

И

ИДИОАДАПТАЦИЯ

Идиоадаптация (от греческого слова idios — свой, особый и латинского adaptatio — прилаживание, приспособление) — наиболее распространенный путь *эволюции*, при котором у организмов развиваются приспособления к определенным, частным условиям среды. Его называют также алломорфозом, аллогенезом (от греческого слова allos — другой).

Обычно этот путь характерен для предковых форм какой-нибудь новой группы. Например, от предка современных птиц произошло все многообразие современных форм — насекомоядных и зерноядных, хищных и рыбоядных, приспособленных к самой разнообразной *среде обитания*. Однако нельзя сказать, что пингвин по своей организации стоит выше вороны или сова — выше утки. Другой пример — идиоадаптация в отряде насекомоядных млекопитающих. Сравните крохотную землеройку, колючего ежа, подземного жителя — крота, водных обитателей — выдровую землеройку и выхухоль. Каждый из читателей может вспомнить подобные примеры из тех групп, которые он лучше знает.

В процессе идиоадаптации происходит расхождение признаков по сравнению с исходной формой (дивергентное развитие, дивергенция).

В отличие от *ароморфоза* энергия жизнедеятельности организмов на этом пути не возрастает, в их строении не наблюдается ни существенного усложнения, как при ароморфозе, ни упрощения, как при регрессе.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Изменчивость — разнообразие признаков и свойств у особей и групп особей любой степени родства.

Различают изменчивость направленную и ненаправленную. Направленная, или определенная, изменчивость обычно массовая и приспособительная. Часто ее называют ненаслед-

Географическая изменчивость у ястреба-тетеревятника. *Слева* — типичная темно-серая окраска оперения; *справа* — белая окраска у ястреба из камчатской популяции.





Эволюция плацентарных млекопитающих — хороший пример идиоадаптаций (аллогенезов). Оставаясь на одном морфофизиологическом уровне, млекопитающие разделились на хтонобионтов — наземных животных, передвигающихся шагом, бегом и прыжками (лошадь, заяц, лиса, тушканчик); подземных, роющих животных (крот, цокор); гидробионтов — животных, полностью или частично ушедших в воду (киты, ластоногие); дендробионтов — обитателей деревьев (обезьяны, белки, сони) и авиабионтов (летучие мыши). В каждой группе неоднократно возникали сходные, но не одинаковые частные приспособления к условиям среды. Но нельзя сказать, что организация летучей мыши выше, чем дельфина, а белки — крота: все они находятся на одном уровне организации. ▶


МЛЕКОПИТАЮЩИЕ

Индивидуальная изменчивость оперения у самцов турухтана. На одном токовище, где собираются для ритуальных схваток десятки этих куликов, не встретишь и двух петушков, выглядящих одинаково.





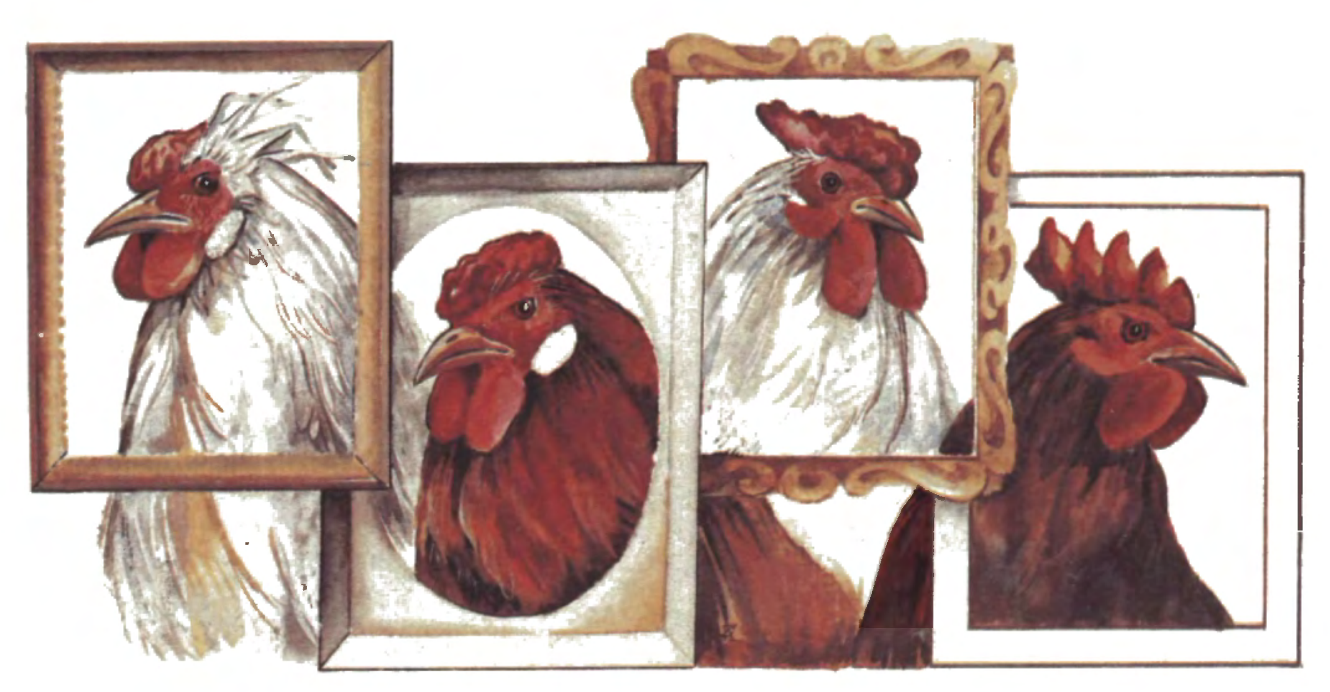
ственной, что не совсем верно. В данном случае наследуется не изменение признака, а способность к изменению. Например, все люди на пляже загорают, но в разной степени: темный пигмент, защищающий нашу кожу от ультрафиолетовых лучей, лучше проявляется у брюнетов, чем у блондинов и рыжеволосых. Такие изменения называют ***модификациями***.

Определенная изменчивость — продукт *эволюции*, способность к ней возникает в результате отбора в течение многих поколений. Но само изменение признака под влиянием какого-нибудь фактора внешней среды исчезает со смертью организма, потомки должны обретать его заново. Только в этом смысле определенная изменчивость ненаследственна. Строго говоря, ее нельзя даже называть изменчивостью: это *наследственность*, проявляющаяся в *фенотипе* не всегда, а лишь при воздействии определенного фактора внешней среды.

Ненаправленная, или неопределенная, изменчивость, как показывает название, возникает независимо от природы вызвавшего ее фактора, причем изменяющийся признак может изменяться и в сторону усиления, и в сторону ослабления. При этом она не массовая, а единичная: альбиносы, не способные к загару, появляются в потомстве чисто случайно. Изменение в данном случае наследуется: в семье альбиносов всегда рождаются дети, лишенные *пигмента* от рождения.

Различают два типа неопределенной изменчивости — комбинативную и мутационную

В результате внутривидовой изменчивости возникает все многообразие признаков у пород домашних животных и сортов культурных растений. На рисунке вы видите основные типы строения гребня у домашних кур, но каждый тип имеет еще разнообразные варианты.







(см. *Мутация*). Источник комбинативной изменчивости — возникающие при образовании яйцеклеток и сперматозоидов во время *мейоза* новые сочетания материнских и отцовских *хромосом*. При этом хромосомы иногда обмениваются частями (кроссинговер), так что число комбинаций *генов* в каждом новом поколении резко возрастает. Именно поэтому дети никогда не бывают абсолютно точными копиями родителей и друг друга, кроме однояйцевых *близнецов*, возникающих из одной яйцеклетки, уже прошедшей мейоз. Так как слияние данного сперматозоида с яйцеклеткой происходит случайно, то и комбинативная изменчивость случайна.

Мутационная изменчивость — процесс изменения генетической структуры организма, его *генотипа*. При этом изменяется число хромосом, или их строение, или же структура слагающих хромосому генов.

Как и комбинативная изменчивость, мутационная — процесс ненаправленный (признаки могут при ней изменяться случайным образом), немассовый (одновременное возникновение какой-нибудь одной мутации у целого ряда особей в популяции невозможно) и неприспособительный (мутации могут и повышать и понижать жизнеспособность их носителей).

Неопределенная изменчивость — материал для процесса эволюции. Изменения организмов, как подметил еще *Ч. Дарвин*, отбираются факторами внешней среды.

При этом с большей вероятностью выживают и оставляют потомство носители полезных в данной среде признаков, возникших в результате мутации или рекомбинации определяющих эти признаки генов.

ИММУНИТЕТ

Чаще всего иммунитетом (от латинского слова immunitas — освобождение, избавление от чего-нибудь) называют невосприимчивость к инфекционным заболеваниям, возникающую после перенесенной болезни или прививки. Однако понятие иммунитета гораздо шире.

Существует, например, растительный иммунитет (фитоиммунитет). Болезни растений вызываются *бактериями* и *вирусами*. Переболев, растения тоже становятся невосприимчивыми к этим возбудителям. Такую невосприимчивость можно вызвать прививкой.

Пораженные растения синтезируют защитные вещества. Большинство из них действуют не против какого-то определенного возбудителя заболевания, а более широко. Например, зеленые растения выделяют фитонциды, губительные для многих микроорганизмов (см. *Биологически активные вещества*). Среди защитных веществ растений есть и более специфичные — белки-лектины, действующие по типу антител. Чтобы понять все, о чем мы расскажем дальше, обязательно прочтите теперь ст. «*Антиген и антитело*».

Уже у беспозвоночных и низших позвоночных животных можно наблюдать развитие элементов системы иммунитета, но наиболее развита она у птиц и млекопитающих. Ее составные части — лимфоидные органы — расположены по всему телу (см. рис.), а действующие элементы — лимфоциты — циркулируют в *крови* и лимфе. Каждый чужеродный агент, попадающий в организм, не сможет

избежать встречи с лимфоидной системой.

Лимфоциты происходят от стволовых *клеток* костного мозга (о стволовых клетках см. в ст. «*Кровь*»). Лимфоциты — небольшие клетки с плотным ядром. Внешне они одинаковы, но выполняют различные функции. Одна из них — осуществление реакций гуморального иммунитета (от латинского слова humor — жидкость), т. е. выработки антител. В этом многоступенчатом процессе антиген прежде всего должен быть захвачен макрофагом (см. *Фагоцитоз*), важную роль которого в процессах иммунитета предсказал еще *И. И. Мечников.* Затем лимфоциты-«инструкторы» дают сигнал к делению лимфоцитам — предшественникам антителообразующих клеток.

Кроме гуморального существует и клеточный иммунитет, где действующим началом

ЛУИ ПАСТЕР (1822—1895)



Открытия, сделанные великим французским ученым Луи Пастером, запечатлены на мемориальной доске у входа в его первую лабораторию: «Здесь была лаборатория Пастера; 1857 — брожение; 1860 — самопроизвольное зарождение; 1865 — болезни вина и пива; 1863 — болезни шелковичных червей; 1881 — зараза и вакцина; 1885 — предохранение от бешенства».

«Творцу чудес» было написано вместо адреса на конверте одного из писем Пастеру.

Кто же он, этот удивительный ученый? По образованию химик, он считал себя бактериологом. Он понимал науку как живое, исполненное любви служение человечеству.

В 25 лет Пастер успешно закончил курс физики и химии в Высшей нормальной школе в Париже. Первая его работа была связана с оптической активностью химических веществ и привела в дальнейшем к возникновению стереохимии. В 27 лет он стал профессором Страсбургского университета, а в 32 года — деканом естественно-исторического факультета Лилльского университета. Здесь он занялся изучением механизмов *брожения,* первым установил различие между процессами *дыхания* и брожения, определил роль тех или иных организмов в различных процессах брожения.

Пастера интересовал вопрос о происхождении микроорганизмов. В те времена считалось, что многие живые существа возникают путем самозарождения с участием некоей «жизненной силы». Бесконечные дискуссии и споры с приверженцами теории самозарождения Пастер разрешил следующим простым и остроумным способом. Простерилизовал питательные среды для микроорганизмов в двух стеклянных сосудах. В одном из них горлышко оставил открытым, и микроорганизмы легко могли проникать через него в сосуд. Второй был закрыт, и питательная среда оставалась для *бактерий* недоступной. Во втором сосуде на протяжении четырех лет не появилось ни одной бактерии. Так была опровергнута теория самозарождения микроорганизмов.

Ученый ввел в практику быстро привившийся метод обработки молока нагреванием до температуры 60—70° С для уничтожения микробов, получивший название пастеризации. (Тот же принцип был применен в производствах вина и пива). Он выявил бактериальных возбудителей заболеваний шелковичных червей и разработал методы предупреждения этих болезней.

В 1868 г. Пастер серьезно заболел, но продолжал интенсивно трудиться, и последующие важнейшие открытия сделал, будучи полупарализованным. Он открыл многие болезнетворные микроорганизмы. Среди них — возбудитель сибирской язвы — смертоносного заболевания многих животных, опасного и для человека. Пастер создал вакцину для прививки, предохраняющей от этой болезни.

Последнее величайшее открытие Пастера — вакцина против бешенства. Гениальность ученого заключалась в том, что, не зная ничего конкретного о причинах бешенства, кроме неоспоримого факта его инфекционной природы, он использовал при разработке вакцины принцип ослабления возбудителя. 6 июля 1885 г. — знаменательный день в истории медицины. К Пастеру обратилась мать девятилетнего мальчика, искусанного бешеной собакой и обреченного на смерть. Пастер впервые применил свой метод вакцинации. 20 дней ожидания результата были самыми тяжелыми в жизни ученого. И мальчик, и ученый выдержали испытание. Пастеровский метод широко распространился во многих странах и спас множество жизней.

Пастер — основоположник современной микробиологии и иммунологии (см. *Иммунитет*). В 1888 г. он создал и возглавил научно-исследовательский институт микробиологии (Пастеровский институт), в котором работали многие известные ученые.

являются не молекулы антител, циркулирующие в крови, а непосредственно лимфоциты. Хирурги познакомились с ним, когда, пытаясь лечить ожоги, пересаживали (трансплантировали) на обожженное место кожный лоскут, взятый у другого человека. Этот лоскут неизменно погибал и отторгался. Такая участь постигала любой пересаженный орган — трансплантат, будь то почка, сердце или печень. Отторжение вызывают лимфоциты хозяина, которые проникают в пересаженный орган и убивают его клетки.

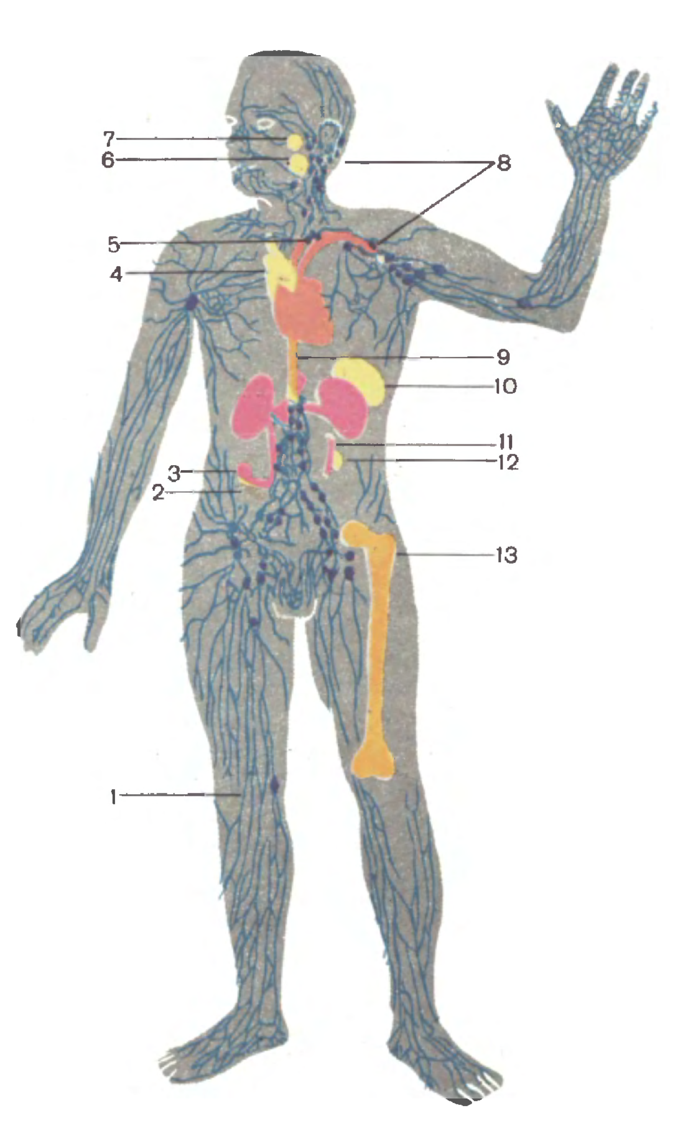
Каким же образом происходит взаимодействие лимфоцитов с антигеном и между собой? На поверхности лимфоцитов находятся молекулы, подобные активным центрам антител, которые связываются с антигеном. Одни лимфоциты могут синтезировать и выделять вещества, изменяющие поведение других лимфоцитов. Например, существуют «дирижеры» иммунологических процессов, ускоряющие или замедляющие течение реакций иммунитета. Еще один тип лимфоцитов регулирует процессы размножения клеток, в том числе и лимфоидных. Чрезвычайно важна и деятельность лимфоцитов, убивающих изменившиеся (мутантные) клетки — ведь если эти клетки будут размножаться, они могут стать источниками раковых опухолей.

Механизмы иммунитета защищают организм от чужеродных веществ и поддерживают его целостность. В их работе самое главное — отличать «свое» от «чужого». «Чужие» антигены вызывают иммунологический ответ, в то время как антигены собственных клеток и *тканей* остаются незамеченными.

Почему же деятельность лимфоцитов направлена только на чужеродные вещества или мутантные клетки и никогда, казалось бы, не обращается против других антигенов собственного организма?

В лимфоидных клетках на одной из стадий эмбрионального развития организма происходят изменения (*мутации*) *генов,* кодирующих синтез антител. В результате возникает огромное разнообразие генов, что обусловливает синтез всех возможных видов антител. В процессе клеточного деления — *митоза* гены распределяются между лимфоцитами так, что одна клетка может синтезировать антитела одного типа, другая — другого и т. д. Поскольку число лимфоцитов достаточно велико, любой антиген, в том числе и собственный, встретит свой лимфоцит. Но количество собственных антигенов намного превышает количество чужих. Предполагают, что большое количество антигенов собственных тканей убивает клетки, реагирующие с ними, еще в эмбриональном периоде. Так что значительная часть новообразованных лимфоцитов гибнет до начала функционирования иммунной системы организма.

Лимфоидная система человека: *1* — тканевые лимфатические сосуды; *2* — аппендикс; *3* — толстые кишки; *4* — вилочковая железа; *5* — левая подключичная вена; *6* — миндалины; *7* — аденоиды; *8* — лимфатические узлы; *9* — грудной проток; *10* — селезенка; *11* — тонкие кишки; *12* — групповые лимфатические фолликулы (пейеровы бляшки); *13* — костный мозг.



Если же количество антигена невелико, в результате контакта с ним лимфоцит делится. Его потомки также вступают в митоз, и в конце концов образуется *клон.* Все его клетки знакомы с данным антигеном, и если он повторно попадет в организм, то встретит не один, а множество своих лимфоцитов. Иммунологический ответ возникнет быстрее и будет более сильным. В этом и состоит механизм иммунологической памяти, свойственный и гуморальному и клеточному иммунитету.

В организм за время его жизни попадают не все виды антигенов. Поэтому не каждый лимфоцит может встретить свой антиген и образовать клон. Но их избыточное количество гарантирует надежную защиту организма от любых антигенов.

И все-таки даже в нормальном организме есть клетки, образующие небольшое количество антител к собственным антигенам. Эти так называемые аутоантитела участвуют в удалении поврежденных или стареющих тканей. Надзор за размножением этих клеток осуще-

ствляют лимфоциты-регуляторы. Если механизмы надзора выходят из строя, начинается массовое образование аутоантител к своим антигенам, например эритроцитам или клеткам почек, что приводит к серьезным заболеваниям.

Мы убедились, как многообразна деятельность иммунной системы и как важна она для организма. Механизмы иммунитета еще далеко не изучены. Иммунологи всего мира работают над их исследованием, потому что от этого зависит, насколько человечество преуспеет в борьбе против рака, преждевременного старения, аутоиммунных заболеваний, научится решать проблемы трансплантации *органов* и тканей и переливания крови.

ИНБРИДИНГ

Это родственное скрещивание, т. е. скрещивание особей, имеющих близкую степень родства (брат и сестра, двоюродные братья и сестры и т. д.) Инбридинг (английское слово inbreeding, от in — в, внутри и breeding — разведение) приводит к повышению гомозиготности *популяции* (см. *Гомозиготы*). При этом вредные, приводящие к снижению жизнеспособности и к смерти, формы *генов.* (см. *Аллели*) накапливаются в популяции и могут привести к вырождению ее. Поэтому запрещены близкородственные браки в человеческом обществе.

В животноводстве и растениеводстве путем инбридинга можно получать так называемые чистые, или инбредные, линии организмов, генетически максимально близкие друг к другу. Сам по себе инбридинг не вреден; опасна лишь вероятность проявления в линии неблагоприятных генов. Селекционеры часто используют инбридинг для закрепления каких-нибудь полезных свойств выводимых ими пород. Возникающие при этом гомозиготы вредных аллелей выбраковываются. Сочетание инбридинга с жестким отбором позволяет создать новую стабильную породу без снижения жизнеспособности.

ИНСТИНКТ

Инстинкт (от латинского слова instinctus — побуждение) — это совокупность сложных врожденных реакций (актов поведения) организма в ответ на внешние и внутренние раздражители. Инстинкты возникли у животных в процессе *эволюции* как приспособления к типичным для данного вида условиям существования. Так как они обусловлены генетически, то могут проявляться в соответствующий период индивидуального развития, не требуя специального обучения или тренировки. Например, новорожденные млекопитающие сразу начинают сосать молоко матери, только что вылупившиеся утята умеют плавать, а ласточки в определенном возрасте поднимаются в воздух, даже если перед этим их содержали в тесных клетках, где они не могли шевелить крыльями.

Инстинкты обычно представляют собой стабильные комплексы движений, сходные как у одной особи на протяжении всей жизни, так и у разных особей данного вида. Например, все бобры строят свои плотины и хатки одинаковым способом, все селезни кряквы, ухаживая за утками, совершают одну и ту же последовательность движений, все хищники семейства кошачьих убивают жертву особым укусом в шею. Многие инстинктивные действия настолько устойчивы и характерны, что могут служить отличительными признаками вида, их используют в *систематике* так же, как признаки строения.

Инстинкты разнообразны; благодаря им животные удовлетворяют все основные потребности. Они проявляются при определенных состояниях организма — голоде, страхе и др. В таком состоянии у животного возникает поисковая активность. Так, голодное животное отправляется на поиски корма, а в сезон размножения начинает выбирать территорию для гнезда. Поисковая активность зависит от индивидуального опыта животного. Она продолжается до тех пор, пока не будут найдены те особые раздражители (их называют ключевыми), которые могут вызвать нужную в данной ситуации инстинктивную реакцию. В период выкармливания птенцов стимулом, вызывающим кормление, у одних видов птиц служит широко раскрытый клюв птенца с характерной окраской, а у других (например, чаек) та же реакция возникает, когда птенец клюет пятно на клюве родителя. Ключевые стимулы играют важную роль в организации общественного поведения животных. Благодаря особенностям окраски и строения тела опознают друг друга родители и дети, представители одного вида.

Инстинктивные действия так тонко приспосабливают животное к внешним условиям, что кажутся нам порой разумными. Однако они осуществляются автоматически, без осознания их цели, вслепую. Например, пчелы продолжают наполнять медом соты с разрушенным дном, а многие виды птиц выкармливают подкидышей-кукушат, совершенно непохожих на их собственных птенцов.

В организации поведения насекомых инстинктам принадлежит ведущая роль. Особенно сложны они у общественных насекомых — пчел, муравьев, термитов, каждый член семьи

Бобры строят сложные сооружения — хатки и плотины, сплавляют по специально прорытым каналам сваленные стволы деревьев. В основе всех этих действий, кажущихся разумными, лежат инстинкты.



которых уже при рождении снабжен программой действий на всю жизнь. Благодаря четкости этих программ осуществляется «разделение труда», поражающее своей сложностью и целесообразностью: строительство гнезда, поддержание его в чистоте, уход за личинками, создание запасов пищи, отселение новых семей. Некоторые виды муравьев, питающиеся сахаристыми выделениями тлей, ухаживают за этими насекомыми, «пасут» их как домашний скот: охраняют от вредителей, на зиму уносят самок в муравейник, переселяют тлей на более сочные побеги.

Инстинкты составляют основу поведения практически всех видов животных, но особенно низших. Они наделяют их набором адаптивных (приспособительных) реакций, готовых к употреблению при первой же необходимости, и потому особенно важны для животных с коротким сроком жизни или лишенных *заботы о потомстве.* Но чем выше организовано животное, тем в большей степени у него инстинктивные реакции дополняются и совершенствуются за счет приобретения индивидуального опыта путем выработки условных рефлексов (см.

У многих птиц в период выкармливания птенцов ключевым стимулом для кормления служит широко раскрытый клюв птенца с характерной окраской. *На снимке:* **лесные завирушки.**





Рефлексы, Память). Человек также наделен с рождения многими инстинктивными реакциями (сосание, мимика и др.), но в формировании его поведения обучение играет несопоставимо большую роль, чем в поведении любого животного. Инстинктивные реакции человека находятся под контролем его сознания.

Инстинктивные действия животных осуществляются автоматически, поэтому многие мелкие птицы, как и эта славка, выкармливают подкидышей-кукушат, так непохожих на их собственных птенцов.

Муравьи, питающиеся сахаристыми выделениями тлей, заботливо ухаживают за этими насекомыми, «пасут» их.





Молодая авдотка инстинктивно затаивается, сливаясь с пестрым разнотравьем.

ИНТЕРФЕРОН

Что произойдет с *клеткой,* если заразить ее не одним, а двумя *вирусами?* Если вы решили, что болезнь клетки обязательно обострится и гибель ее ускорится, то ошиблись. Оказывается, присутствие в клетке одного вируса часто надежно защищает ее от проникновения другого. Это явление было названо интерференцией. Механизм его был открыт в 1957 г. английскими учеными А. Айзексом и Дж. Линдеманом, обнаружившими в клетках интерферон — вещество, синтезируемое в ответ на заражение. Он способен защитить клетку от вирусов, различить клеточный и вирусный материал и подавить продукцию вирусов в клетке.

Интерферон является гликопротеидом, т. е. в состав его молекулы входят молекулы *белка* и *углевода.* Он устойчив к высокой температуре, не ядовит. Производить интерферон способны клетки всех позвоночных. Программа его образования закодирована в клеточном *ядре,* но начинает осуществляться обычно лишь после заражения клеток вирусом или обработки их специальными препаратами — интерферогенами.

Интерферон получают из лейкоцитов донорской *крови* человека и используют для лечения вирусных инфекций кожи, глаз, дыхательных путей. Он подавляет и размножение некоторых вирусов, вызывающих развитие опухолей. В настоящее время с помощью *генной инженерии* разработаны методы получения эффективного интерферона человека из *бактерий* (см. *Биотехнология*).

ИСКОПАЕМЫЕ ЖИВОТНЫЕ И РАСТЕНИЯ

Ископаемыми называют животных и растения геологического прошлого (см. *Развитие жизни на Земле*). Изучают их по остаткам и следам жизнедеятельности, сохранившимся в осадочных отложениях земной коры.

Вы можете ознакомиться с ними, совершив экскурсию по обрывистым берегам рек, сложенным известняком или песчаником, по карьерам, горам с крутыми склонами, не прикрытыми почвой Под ногами и на отвесных каменных стенах можно увидеть самые разнообразные окаменевшие раковины. Встречаются большие скопления раковин аммонитов — одной из крупных групп головоногих моллюсков, появившихся на Земле около 350 млн. лет назад и вымерших около 70 млн. лет назад. Иногда верхний слой раковины отсутствует, и хорошо сохранившийся внутренний — перламутровый — слой переливается всеми цветами радуги. Красиво переплетаются похожие на цветок скелеты своеобразных животных — морских лилий, появившихся в морях примерно 500 млн. лет назад.

Неизгладимое впечатление остается от прогулки по дну моря, существовавшего около 300 млн. лет назад. Ее можно совершить, например, на берегу реки Мсты в Новгородской области. Большие плиты известняков, образовавшиеся из осадков в прибрежных частях так называемого каменноугольного моря, буквально усеяны крупными раковинами плеченогих — своеобразной группы животных, процветавших в морях далекого прошлого. В современных морях они представлены незначительным

числом форм и не достигают крупных размеров.

Многим из вас знакомы так называемые «чертовы пальцы», или «громовые стрелы», которые часто можно встретить по берегам рек Оки и Волги, в Крыму, на Кавказе и в других местах. Это наиболее прочная часть раковины белемнитов — отдаленных родственников современных кальмаров.

Иногда скелет растворяется, и от него в породе остается лишь слепок, который называют ядром. Он образован минеральным веществом, принесенным водой. Особенно хорошо такие ядра образуются при растворении различных раковин. Часто от скелета остается в породе только отпечаток, по которому уже трудно судить о строении животного.

Порой даже само образование породы связано с массовым скоплением остатков вымерших организмов. Их можно увидеть под микроскопом в препарате из обыкновенного писчего мела. Известен фузулиновый известняк, образованный похожими на крошечные веретенца простейшими организмами — фузулинами, жившими более 200 млн. лет назад. В Крыму встречается нуммулитовый известняк, образованный крупными монетковидными скелетами одноклеточных организмов — нуммулитов, обитавших в теплых морях более 50 млн. лет назад. Не редкость слои известняка, сложенные скелетами вымерших кораллов, которые в морях далекого прошлого образовывали рифы, подобно их потомкам в современных морях.

Находят и скелеты морских позвоночных, например рыб, образующие иногда целые скопления. Известны остатки крупных морских пресмыкающихся — ихтиозавров, вымерших около 70 млн. лет назад.

Хорошо сохранившиеся и достаточно полные остатки наземных животных встречаются редко, так как их уничтожают хищники или же они разлагаются, а скелеты на воздухе разрушаются. От позвоночных животных обычно остаются только наиболее крупные кости, черепа, реже — другие части скелетов. Чрезвычайно редки и уникальны находки естественных слепков мозга, частей скелета с сохранившимися сухожилиями. Только в особых условиях могут сохраняться кроме скелета и мягкие ткани, конечно обезвоженные и как бы мумифицированные. В северных районах Сибири, в условиях многовековой мерзлоты, находят прекрас-

ЖОРЖ КЮВЬЕ (1769—1832)



Французского ученого Жоржа Кювье по праву считают одним из основателей палеонтологии — науки об ископаемых организмах, живших на Земле в минувшие геологические эпохи.

До Кювье такой науки не существовало. Найденные остатки вымерших животных удивляли людей, но даже ученые редко находили им разумное объяснение. Изучая окаменелые кости из гипсовых каменоломен близ Парижа, Кювье убедился в том, что они принадлежат вымершим животным. Он собрал множество таких находок, привел их в систему и описал, а затем разработал научный метод, который позволял изучать ископаемых животных с такой же точностью, как и живущих.

Один из учеников Кювье, желая его напугать, нарядился каким-то зверем и проник к нему в спальню. Приблизившись к кровати, он закричал: «Кювье, я съем тебя!» Увидев перед собой животное с рогами и копытами, Кювье спокойно заметил: «Рога, копыта — травоядное... Нет, ты не съешь меня». Этот забавный случай может проиллюстрировать установленный Кювье закон корреляции, или соотношения органов, согласно которому строение отдельных частей организма всегда связано с определенным строением других его частей.

Прослеживая изменения органов во всех группах позвоночных, ученый усовершенствовал сравнительный метод исследования настолько, что по отдельным костям восстанавливал строение животного в целом.

Кювье установил понятие о типах в зоологии и впервые объединил рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих в один тип — позвоночных. Его работы в области систематики животных были проникнуты идеей неизменяемости видов: ныне живущие формы существовали, по его утверждению, «с самого начала вещей». Отвергая принцип исторического развития животного мира, Кювье выдвинул теорию катастроф. Он полагал, что в земной коре происходили внезапные изменения, вызывавшие гибель населения целых областей, которое возникало затем вновь в результате нового акта творения. По новым континентальным площадям наземные *фауны* могли распространяться из других областей.

Труды Кювье положили начало сравнительной анатомии и палеонтологии позвоночных.

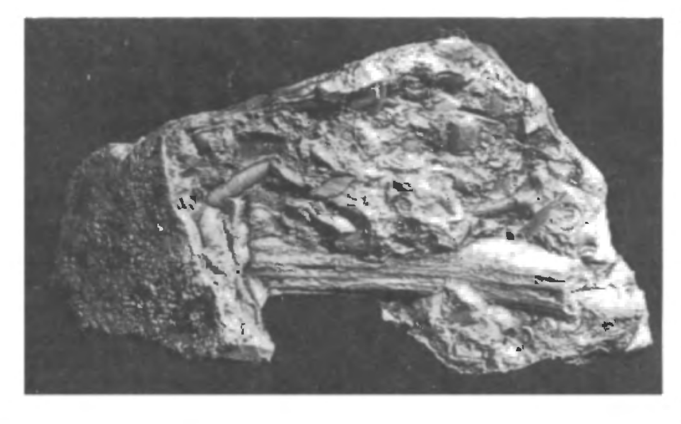
Известняк с плеченогими, члениками стеблей морских лилий и иглами панцирей морских ежей из каменноугольных отложений Подмосковья.

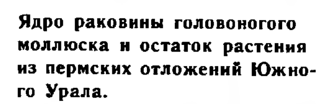


Колония мшанок из пермских отложений Тиманского кряжа.



Остатки растений с раковинами из пермских отложений Южного Урала.





Ядро раковины головоногого моллюска и остаток растения из пермских отложений Южного Урала.





Ростр белемнита из меловых отложений Поволжья в районе г. Ульяновска.

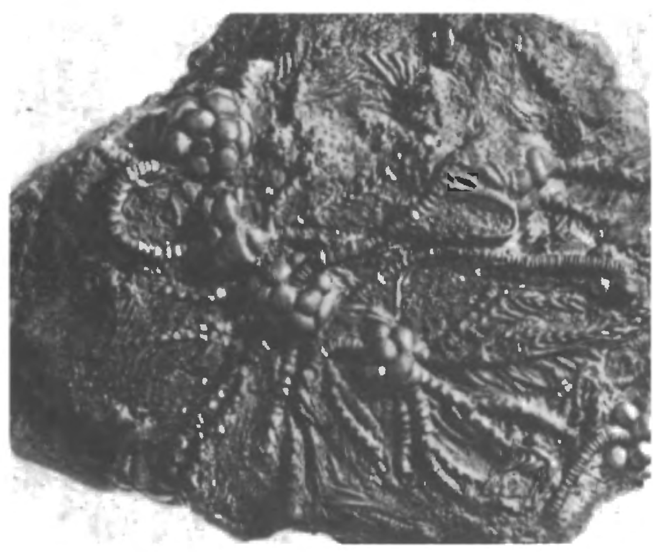


Очень хорошо сохранившиеся аммониты в разбитой конкреции из меловых отложений ульяновского Поволжья.

Нуммулитовый известняк из Крыма. Хорошо видны раковинки простейших (фораминифер) — нуммулитов.



Плитка известняка с морскими лилиями из каменноугольных отложений Подмосковья.



Молодые и взрослые трилобиты одного вида из кембрийских отложений Сибири.



Скелеты пресноводных рыб из кайнозойских отложений Сибири.



но сохранившиеся части животных, а иногда даже целых мамонтов и других представителей фауны ледникового периода. Интересно, что у таких мамонтов хорошо сохраняется не только шкура с шерстью, но даже внутренности и содержимое желудка, по которому можно установить, чем они питались.

Прекрасно сохраняются остатки животных в естественных асфальтоподобных массах. Здесь находят законсервированные трупы не только зверей, но и птиц. Возможно, они, принимая блестящую поверхность такой массы за озеро, садились на него и тонули в вязком асфальте.

Хорошо сохраняются насекомые, попавшие в смолу хвойных деревьев, которые росли на Земле миллионы лет назад. В этой окаменевшей смоле (янтаре) часто различимы мельчайшие детали строения насекомых.

Иногда ученые встречают лишь следы жизнедеятельности организмов: норки, отпечатки ног, остатки трапез. Эти находки многое могут рассказать специалисту об образе жизни и поведении животного. Хорошо известны следы гигантских пресмыкающихся — динозавров, господствовавших на Земле более 100 млн. лет и вымерших около 70 млн. лет назад. Некоторые из них передвигались на двух ногах и достигали в высоту 15 м.

Известны также ископаемые растения. Сохранились следы не только от высших растений, с достаточно прочными стволами и листьями, но даже и от водорослей. Многие группы водорослей способны образовывать своеобразные известковые футляры, другие имеют микроскопические панцири из кремнезема и т. д., благодаря чему хорошо сохраняются в ископаемом состоянии. Кремнеземные панцири одной из групп водорослей — диатомей образуют достаточно мощные отложения легкого материала, используемого в промышленности. Хорошо сохраняются части водорослей в образованных ими горючих сланцах.

От наземных растений до нас дошли отпечатки листьев и сами листья в виде тончайших углистых пленок, а также плоды и стволы. Они обычно встречаются в разрозненном виде, и очень нелегко восстановить из таких остатков целое растение. Особенно большое впечатление оставляют скопления огромных



Хорошо сохранившееся насекомое в тонкозернистых отложениях юрского периода, образовавшихся в озере.



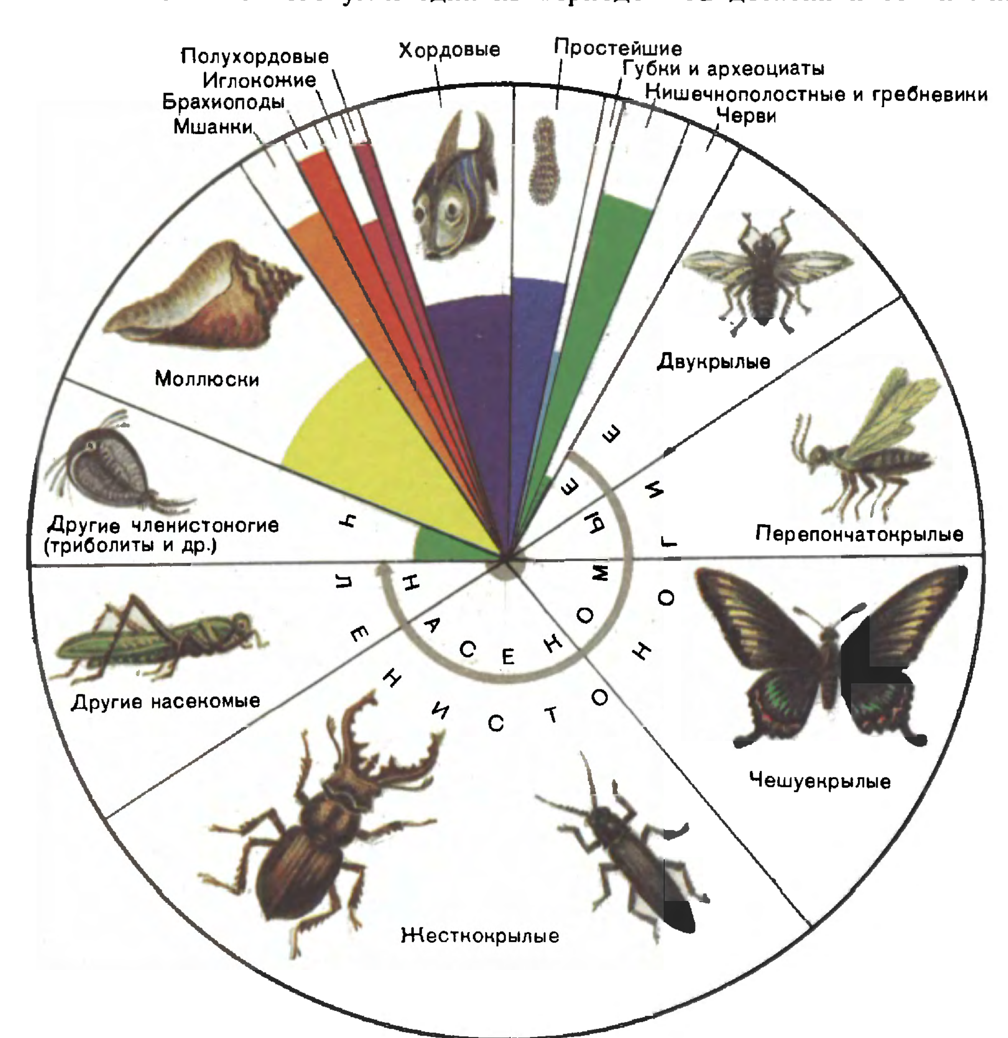
Насекомое в янтаре мелового возраста.

стволов, напоминающих колонны давно заброшенного храма или театра.

Но, пожалуй, самое удивительное — сохранение *спор* и пыльцы разных растений. Пыльца сохранилась в большом количестве, и благодаря ей значительно пополнились наши сведения о растительном мире прошлого.

Остатки древовидных лепидодендронов и сигиллярий, вымерших около 300 млн. лет назад, довольно часто находят в слоях каменного угля, в образовании которого они принимали участие. По обилию каменного угля один из периодов геологической истории Земли получил название каменноугольного. Не следует, однако, думать, что весь уголь на Земле образовался только в это время, процесс этот повторялся неоднократно и в разных условиях.

Не всегда отчетливо сознают неразрывную связь мира настоящего с миром прошлого. Следует помнить, что мир, в котором мы живем, — результат длительной *эволюции* мира прошлого и тесно с ним переплетается. Мы пользуемся богатствами, созданными природой за десятки и сотни миллионов лет: известня-



Относительное количество известных современных и вымерших видов животных. 1° равен 3500 видам. Закрашенная часть площади сектора пропорциональна относительному количеству видов, известных в ископаемом состоянии.

ками, горючими сланцами, каменным углем, нефтью, также обязанной своим происхождением давно исчезнувшим организмам, и должны пользоваться ими разумно, ведь они невосполнимы.

Читать летопись Земли человек научился не сразу. По мере развития человеческого общества люди постепенно познавали окружающий мир. У них появилось стремление как-то объяснить найденные высоко в горах окаменевшие раковины, огромные бивни и кости, не похожие на кости современных животных. Объяснения были порой самыми фантастическими. Так, крупные кости животных принимали за кости великанов.

Только на рубеже XVIII и XIX вв. была установлена истинная природа всех этих остатков. Появилась палеонтология — наука о древних организмах. Современная палеонтология — комплексная наука. Она подразделяется на палеозоологию — науку об ископаемых животных, палеоботанику — науку об ископаемых растениях, палеоэкологию — науку об образе жизни и условиях существования организмов прошлого. Теперь палеонтологи не только описывают внешний вид ископаемого остатка, как делалось в прошлом веке. Они исследуют его внутреннее строение на распилах, в шлифах, протравливают в кислотах, чтобы изучить его структуру. В своей работе ученые-палеонтологи используют световой и электронный микроскопы, рентгеновские и инфракрасные лучи.

Детальное изучение ископаемых остатков важно не только для выяснения истории развития органического мира Земли. Оно помогает установить последовательность образования осадочных отложений, содержащих полезные ископаемые, выяснить, как изменялся климат, восстановить картину размещения суши и морей в далеком геологическом прошлом.

Мир животных и растений сотни миллионов лет назад мало походил на современный. Было время, когда вся жизнь была сосредоточена в морях, потом организмы освоили сушу и лишь затем освоили воздушное пространство. Многие крупные группы животных и растений появились очень давно и существуют до нашего времени (например, крокодилы, черепахи, из растений — саговниковые, папоротникообразные), другие, процветавшие десятки и даже сотни миллионов лет, бесследно вымерли. К сожалению, далеко не всегда до нас доходят остатки всех вымерших организмов. Вероятно, вымерших групп было значительно больше, чем мы об этом знаем.

Непрерывная смена разных групп животных и растений, появление одних и вымирание других позволили ученым подразделить всю

Этот мамонтенок пролежал в мерзлом грунте 12 тыс. лет (Магаданская область).



Скелет мамонта (Зоологический музей Академии наук СССР, Ленинград).



Скелет шерстистого носорога, найденный на территории Монгольской Народной Республики.

историю развития органического мира на несколько крупных этапов — эр (см. *Развитие жизни на Земле*), каждая из которых подразделяется на подэтапы — периоды, а периоды — на геологические века. Получили свои названия и отложения, возникавшие в тот или иной промежуток времени. По ископаемым остаткам ученые могут установить относительный возраст тех отложений, в которых они были найдены. Установлением возраста слоев земной коры по ископаемым остаткам организмов занимается особая наука — биостратиграфия. По этим данным составляются особые геологические карты, необходимые для поисков полезных ископаемых, на которых определенным цветом указаны отложения определенного возраста.

ИСКУССТВЕННЫЙ ОТБОР

Искусственный отбор — способ, с помощью которого наряду с *гибридизацией* человек создал и создает высокопродуктивные породы животных и сорта культурных растений. В последнее время искусственный отбор применяется и для микроорганизмов, этим путем получены ценные *штаммы*, например, плесневых грибов, вырабатывающих пенициллин.

Оставляя для размножения лучших особей с полезными хозяйственными качествами, люди изменяют в нужную сторону частоту встречаемости *алеллей* в размножаемой *популяции*.

Впервые огромную роль этого процесса отметил *Ч. Дарвин*. Сначала отбор был бессознательным: люди лишь сохраняли для размножения самых молочных коров, более яйценоских кур и т. д. Еще в глубокой древности было подмечено, что качество потомства зависит от качеств родителей (отсюда пословица: «От худого семени не жди доброго племени»), поэтому стали подбирать производителей, скрещивать наиболее интересных для хозяйственных целей особей и производить отбор в их потомстве. Родословные лошадей, например, составлялись еще 6 тыс. лет назад в междуречье Тигра и Евфрата. Такой подход дал поразительные результаты. В самом деле, трудно поверить, что бульдог и борзая, овчарка и болонка ведут свое происхождение от волка. Оказывается, что одним собаководам требовалась собака сторожевая, другим — охотничья, третьим — ездовая, четвертым — пастушеская, а некоторым — просто для забавы.

Скотоводы разводили в одних местностях мясной скот, в других — молочный, использовали быков для вспашки и перевозок. В некоторых местах Африки скот разводят главным образом из-за огромных рогов, играющих роль своеобразной валюты. Растениеводы также отличались разнообразием вкусов, особенно прихотливых в цветоводстве.

Так появились многочисленные породы животных и сорта культурных растений, выведенные человеком. Впоследствии особенности пород поддерживали и усовершенствовали отбором тех производителей, которые наиболее соответствовали породному стандарту.

Повышая продуктивность размножаемых организмов, человек обращал внимание лишь на полезные ему признаки. В результате многие породы не могут размножаться без помощи человека: дикая банкивская курица несет не больше 25, а куры лучших пород несут более 300 яиц в год, но они практически утратили инстинкт насиживания; эту функцию выполняет инкубатор. Зерна кукурузы плотно сидят в початке и закрыты листовыми обертками, поэтому они не могут осыпаться. Естественно, без помощи человека такая кукуруза размножаться не сможет. Некоторые культурные растения вообще не образуют семян и размножаются лишь вегетативно, например культурный бессемянный банан или махровые цветы, у которых вместо тычинок развиваются лепестки. И наконец, вряд ли любое культурное растение или одомашненное животное устояло бы в *борьбе за существование* со своими дикими родичами или другими конкурентами.

Лучшее доказательство этого — огромные затраты труда, которые вкладывают каждый год в борьбу с растениями, засоряющими посевы. Лишь немногие породы домашних животных могут одичать и занять свое место в дикой природе, как, например, мустанги в Америке, кролики в Австралии, а у нас — одичавшие собаки-дворняги, занявшие кое-где место истребленных волков.

Темпы *эволюции*, управляемой человеком, гораздо быстрее, чем в природе. Это объясняется тем, что искусственный отбор гораздо эффективнее естественного: человек сохраняет только те организмы, которые ему нужны, а в природе большинство полезных *мутаций* лишь несколько увеличивают вероятность выживания и размножения. Часто породы домашних животных, полученные за немногие сотни, а то и десятки лет, отличаются друг от друга значительно более резко, чем виды и даже роды диких животных. Если бы такие формы нашли в диком состоянии, то они были бы описаны как новые виды и роды.

Путем искусственного отбора человек вывел разнообразные породы домашних собак от одного предка — волка: *1* — волк; *2* — лайка; *3* — водолаз; *4* — сенбернар; *5* — восточноевропейская овчарка; *6* — эрдельтерьер; *7* — сеттер; *8* — такса; *9* — доберманпинчер; *10* — чихуа-хуа; *11* — боксер; *12* — русская борзая; *13* — болонка; *14* — пудель.



К

КЛЕТКА

Клетка — элементарная живая система, основа строения и жизнедеятельности всех живых организмов. Известно, что они бывают одноклеточными (например, различные бактерии, а также простейшие) или многоклеточными. Сами названия говорят о том, что в основе строения этих организмов лежит структурная единица — клетка.

Живую материю делят на два надцарства — *прокариот* и *эукариот* (прокариот в последнее время некоторые систематики разделяют на два надцарства — настоящих бактерий и архебактерий). К прокариотическим организмам относятся бактерии и цианобактерии, все остальные организмы — от одноклеточных простейших до многоклеточных растений и животных — эукариотические.

Клетки организмов этих надцарств обладают общими основными свойствами: у них сходны основные системы *обмена веществ,* системы передачи генетической информации (репликации по матричному принципу), энергообеспечения и др. Но между ними и много различий. Во-первых, у прокариотических клеток молекулы ДНК, определяющие наследственные свойства организмов, не собраны в виде клеточного *ядра,* характерного для эукариотических клеток. Во-вторых, у прокариотических клеток нет многих специальных структур внутри клеток, так называемых органоидов, характерных для эукариотических клеток. Эукариотические клетки более сложно организованы, они могут специализироваться в очень широких пределах и входить в состав многоклеточных организмов. (см. *Клеточная специализация (дифференцировка)*).

По своей структуре и основным биохимическим свойствам разные клетки очень сходны, что говорит о единстве их происхождения на заре возникновения мира живого (см. *Клеточная теория*).

Что же такое клетка? Клетка — это система, состоящая из *биополимеров* (сложных органических молекул), а также содержащая и малые органические и неорганические молекулы. Главными свойствами этой системы являются: самовоспроизведение, постоянный обмен веществами и энергией с внешней средой, структурное обособление ее от внешней среды.

Всякие клетки отделены как от окружающей их среды, так и друг от друга с помощью тонкой поверхностной пленки — *мембраны* (плазматическая мембрана). Эта мембрана построена из липопротеидов и окружает содержимое клетки, цитоплазму и ядро, со всех сторон. Плазматическая мембрана имеет очень важные свойства: она ограничивает свободное перемещение веществ из клетки наружу и наоборот, избирательно пропускает вещества и молекулы, поддерживая таким образом постоянство состава и свойств цитоплазмы. Кроме того, на плазматической мембране располагаются специальные белковые комплексы (рецепторы), которые «узнают» вещества, отбирают их и с помощью других белков (переносчиков) активно транспортируют внутрь или наружу из клетки.

В цитоплазме клеток есть специальные работающие сложно организованные системы, выполняющие различные нагрузки (функции). Это органоиды (см. рис.).

К органоидам прокариотических клеток (бактерий) относятся *рибосомы,* нуклеоид — компонент, содержащий ДНК, небольшое число мембранных пузырьков (например, мембранные пузырьки, несущие фоточувствительные *пигменты,* — и некоторых бактерий) и специальные органоиды движения — жгутики (см. *Жгутики и реснички*). Конечно, плазматическую мембрану тоже можно считать органоидом. Остальная масса цитоплазмы называется гиалоплазмой или цитозолем.

Эукариотические клетки устроены намного сложнее. Их молекулы ДНК образуют комплексы со специальными *белками,* формируя *хромосомы.* Хромосомы находятся в ядре. Ядро представляет собой клеточный органоид, обеспечивающий работу системы белкового синтеза и контроль за этой работой.

Цитоплазма эукариотических клеток плотно заполнена разнообразными органоидами. Некоторые из них имеют мембранное строе-

Клетка костного мозга голубя. Электронная микрофотография. Увеличение в 5 тыс. раз.

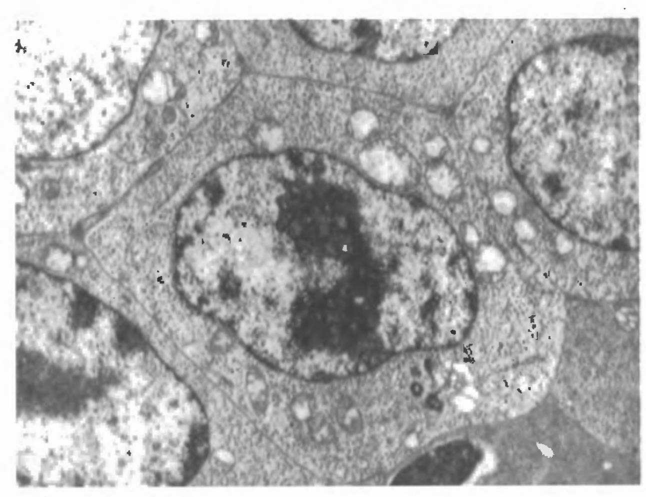
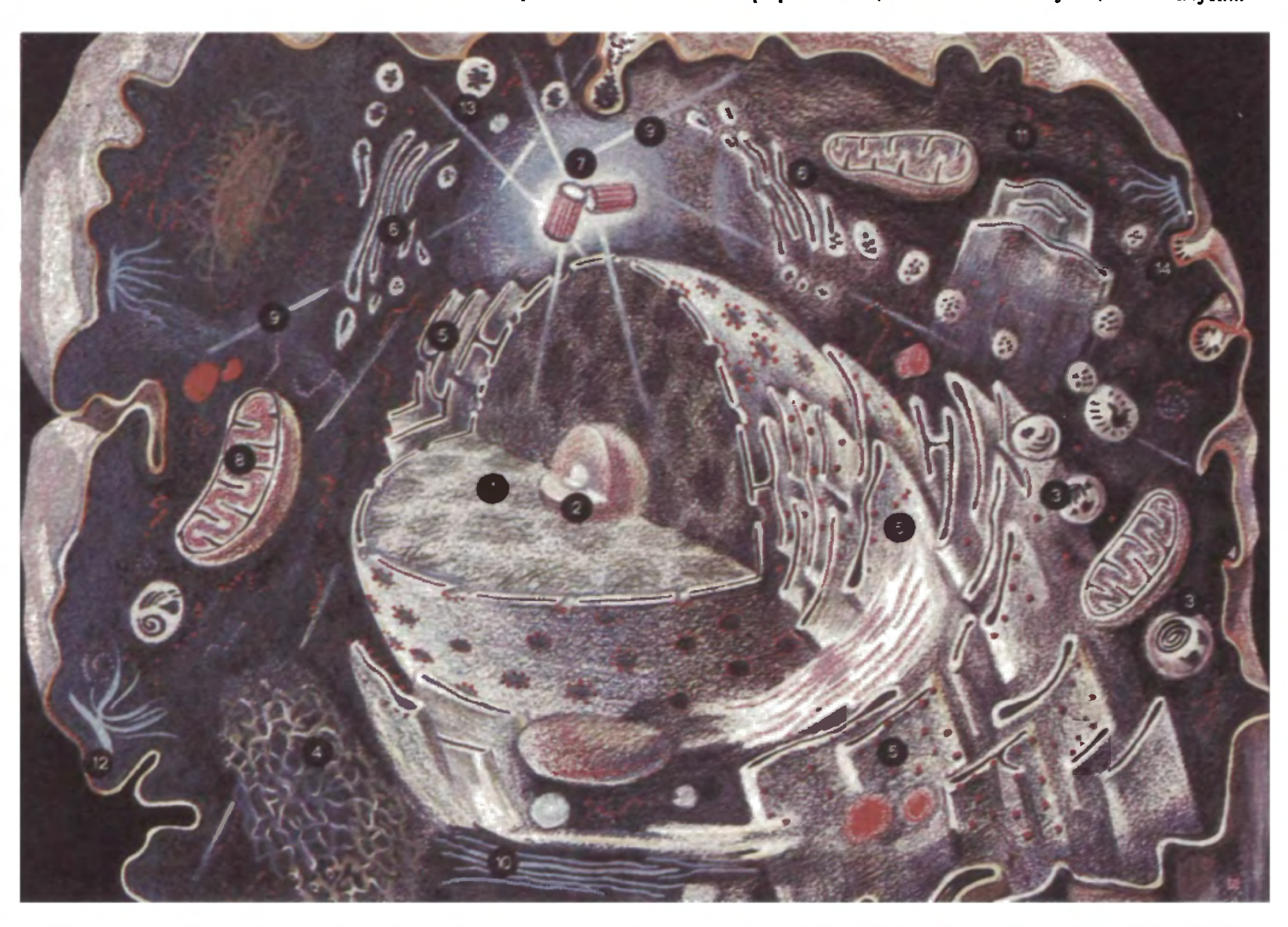


Схема строения клетки животных: *1* — **ядро;** *2* — **ядрышко;** *3* — **лизосомы;** *4* — **гладкая эндоплазматическая сеть;** *5* — **шероховатая эндоплазматическая сеть;** *6* — **аппарат Гольджи;** *7* — **центриоль;** *8* — **митохондрия;** *9* — **микротрубочка;** *10* — **микрофиламенты;** *11* — **рибосомы;** *12* — **плазматическая мембрана;** *13* — **секреторные вакуоли;** *14* — **вакуоли.**



ние, другие построены только из белков. К мембранным органоидам относятся: плазматическая мембрана, вакуолярная транспортно-обменная система (*эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы,* секреторные вакуоли, фагоцитарные вакуоли, вакуоли растений, ядерная оболочка), органоиды энергообеспечения (*митохондрии* и *пластиды*). К немембранным органоидам относят рибосомы, опорно-двигательную систему (*микротрубочки* и разные нитчатые структуры), *центриоли и базальные тельца,* жгутики животных клеток. Органоиды и ядро как бы погружены в цитозоль, и вся эта совокупность структур цитоплазмы окружена непрерывной плазматической мембраной.

Каждый из органоидов или каждый из компонентов систем выполняет только свои собственные функции. Например, на рибосомах происходит синтез белка, в митохондриях — синтез АТФ, в пластидах (хлоропластах) — фиксация СО и синтез сахаров, в аппарате Гольджи — образование мембран и упаковка секретируемых (выделяемых из клетки) веществ и т. д. Важно помнить, что все эти сложные процессы взаимосвязаны друг с другом, образуя единую структурную и химическую систему — живую клетку. Поэтому в клетке нет «главных» и «второстепенных» органоидов. Прекращение работы любой группы органоидов для клетки смертельно.

КЛЕТОЧНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ (ДИФФЕРЕНЦИРОВКА)

Почему при одинаковых *генах клетки* одного организма отличаются порой друг от друга больше, чем клетки разных видов, — по цвету, форме, размерам и еще десяткам других признаков? Жизненное назначение разных клеток тоже разное: одни разносят кислород по *крови,* другие производят в печени желчь, а третьи выстилают поверхность тела и защищают организм от внешних воздействий. А между тем все эти клетки произошли от одной-единственной, положившей начало всему организму. Процесс, в результате которого потомки одной клетки становятся отличными друг от друга, называется дифференцировкой (от латинского слова differentia — разность, различие). Благодаря ей вместо скопления одинаковых клеток возникает сложный организм с системой специализированных *тканей* и *органов.*

Как правило, дифференцировка наступает после того, как клетка перестает делиться. Но это не значит, что делящаяся, недифференцированная клетка еще не «знает», кем она станет. Наглядно это видно в опытах на клетках, растущих в культуре ткани (см. *Культура клеток и тканей*). Например, мышечные клетки в таких условиях быстро сливаются, образуя

подобие мышц. Однако можно задержать эту дифференцировку, заставив клетки размножаться. Подобные опыты ставили с хрящевыми и костными клетками.

Клетки, вставшие на путь дифференцировки, но внешне не проявившие еще своей специализации, называются детерминированными (от латинского слова determinans — определяющий).

Хотя специализированные органы и ткани появляются уже в эмбриональном развитии организма, процесс дифференцировки может продолжаться в течение всей его жизни. Так происходит, например, с клетками крови — эритроцитами и лейкоцитами. Новые дифференцированные клетки появляются в крови все время. Происходят они от постоянно присутствующих в организме недифференцированных стволовых клеток. После деления некоторые из их потомков дифференцируются, а другие — так и остаются стволовыми клетками.

Как происходит дифференцировка? Точного ответа на этот вопрос пока нет. Тем не менее мы знаем, что в различно дифференцированных клетках работают разные наборы генов, а поэтому синтезируются различные белки. Так, например, при образовании эритроцитов в клетках включаются гены, обеспечивающие синтез гемоглобина, в клетках поджелудочной железы эти гены не работают, но зато активны гены пищеварительных ферментов и т. д. Однако механизмы включения и выключения генов до конца пока неизвестны.

Когда нормальная клетка превращается в раковую, она обычно утрачивает свою специализацию и вновь начинает размножаться. Не исключено, что при этом нарушается регуляция деления стволовых клеток: все их потомки продолжают вместо дифференцировки делиться как стволовые. В этом случае важно иметь средство, заставляющее клетки дифференцироваться. Проблема клеточной дифференцировки ждет своего решения.

КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ

Впервые клеточное строение наблюдал английский естествоиспытатель Р. Гук в 1665 г. у растений с помощью усовершенствованного им микроскопа; он же ввел термин «клетка». Английский ботаник Р. Броун в 1831 г. описал *ядро* растительной *клетки*. Но первые шаги к раскрытию и пониманию роли клеточного ядра сделал немецкий ботаник М. Шлейден в 1838 г. Немецкий зоолог Т. Шванн кроме собственных исследований использовал данные М. Шлейдена, Я. Пуркине и других ученых, указав на общий принцип клеточного строения и роста тканевых структур животных и растений. Ему принадлежит заслуга оформления клеточной теории, соответствовавшей уровню развития науки того времени (1839). В дальнейшем клеточная теория была распространена и на одноклеточные организмы, были сформированы представления о ядре и цитоплазме как о главнейших компонентах клетки. Немецкий ученый Р. Вирхов в 1858 г. обосновал принцип преемственности клеток путем их деления — каждая клетка из клетки.

Все основные положения клеточной теории сохранили значение и сейчас. В современном виде теория содержит четыре основных вывода:

1. Клетка является наименьшей, элементарной единицей живого, вне клетки нет жизни. Этот постулат клеточной теории распространяется как на эукариотические, так и на прокариотические клетки, как на одноклеточные, так и на многоклеточные организмы.

2. Клетки увеличиваются в числе, размножаются, только путем деления исходной (родительской) клетки, чему предшествует процесс удвоения ее генетического материала (ДНК). Следовательно, деление клетки приводит к равномерному и равнокачественному распределению молекул ДНК по двум новым (но одинаковым по содержанию и по свойствам их ДНК) клеткам. Но для того чтобы удвоить ДНК *(хромосомы)* и соответственно удвоить свою массу и размеры, а потом разделиться, исходной клетке необходимо провести огромную синтетическую работу: из простых веществ создать сложные полимерные органические молекулы. Поэтому-то клеточная теория гласит, что клетка может происходить только от клетки (закон Р. Вирхова). Любые другие пути возникновения клеток науке не известны.

3. Клетки сходны по своим основным свойствам и строению (гомологичны). Это положение теории подразумевает, что такая гомология клеток определяется общностью их происхождения. Конечно, прокариотические клетки устроены проще, чем эукариотические, но те и другие имеют в принципе очень сходные пути *обмена веществ,* сходные основные структурные части *(мембраны, рибосомы,* сократимые нити и др.). Поэтому есть все основания считать, что эукариотические клетки произошли от общих предков с прокариотическими.

Клетки эукариотических многоклеточных организмов необычайно разнообразны как по форме, так и по внутренней организации. Однако все они содержат одни и те же органоиды, у них одни и те же общие обменные процессы. Различие же — в специализации: нервные клетки, например, предназначены для образования и передачи нервного сигнала, мышечные — для создания механической тяги. У последних сильно развита специальная система фибрилл (нитей), укорачивание которых приводит к сокращению мышц. В нервной клетке тоже есть элементы сократимого аппарата, но он выра-

жен слабо. Зато в нервных клетках сильно развита система специальных каркасных нитчатых структур — *цитоскелет*, который поддерживает многоотростчатую форму нервной клетки, а ее плазматическая мембрана особо специализирована для проведения электрического сигнала.

Другими словами, сходство разных клеток заключается в сходстве основных жизненных процессов, которые идут на общих для всех клеток структурах (органоидах), а различие их определяется разной специализацией в составе многоклеточного организма; у одноклеточных — их приспособлением к *среде обитания*.

4. У многоклеточных эукариотических организмов возникновение разных по свойствам клеток — дифференцировка клеток (см. *Клеточная специализация (дифференцировка)*) определяется тем, что в разных органах, в разных клетках активированы, т. е. работают, разные *гены*. Действительно, если клетка происходит от клетки и делению ее предшествует копирование (удвоение) генетического материала (хромосом), то по мере роста зародыша все клетки должны обладать одинаковым набором генов и одинаковыми свойствами. Но по мере развития эмбриона у него появляются разные клеточные системы — *ткани*, с разными свойствами (покровные, соединительные, нервные, мышечные).

Чем же определяется возникновение этих различий? Современная биология объясняет появление клеточных различий (дифференцировки) тем, что в разных специализированных клетках активируются различные гены (например, гены, определяющие особое развитие сократимых структур в мышцах). В то же время гены, обеспечивающие жизнеспособность клеток, их общий обмен веществ, активны в любых клетках, что и определяет сходство их общих химических и структурных черт организации.

КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

Клеточный цикл — это жизнь *клетки* от одного деления до другого. Про клетки, которые делиться больше не будут, обычно говорят, что они вышли из клеточного цикла. Продолжительность клеточного цикла у *бактерий* может составлять всего 20—30 мин, а у клеток эукариот цикл обычно длится не менее 10—12 ч, часто сутки и более. Исключение составляют быстро делящиеся клетки самых ранних зародышей, весь цикл у них может проходить за 15—20 мин.

Клетки взрослых многоклеточных организмов, как животных, так и растений, обладают разной способностью к делению. В одних *тканях*, например нервной, мышечной, клетки вообще не делятся. Другие ткани, напротив, постоянно обновляются. В этом случае существуют группы клеток, которые постоянно делятся, т. е. находятся в клеточном цикле, а их потомки перестают делиться, некоторое время функционируют и отмирают. Так происходит с клетками *крови* (делящиеся клетки находятся в костном мозге, а зрелые выходят в кровь), кожи, кишечника, в проводящей системе растений.

Выход клеток из цикла может быть необратимым, но многие клетки, не размножающиеся в обычных условиях, могут приобрести эту способность вновь. Клетки печени, например, в норме почти не делятся, но после удаления части органа вступают в клеточный цикл и делятся один-два раза. Клетки коры некоторых многолетних растений способны, начав делиться, восстанавливать механические повреждения коры (см. *Регенерация*).

Клеточный цикл состоит из двух фаз — собственно деления клетки (*митоза*) и промежутка между делениями — интерфазы. В свою очередь, митоз и интерфаза подразделяются на ряд периодов. Ключевой стадией интерфазы, после которой возможно деление клетки, является так называемый синтетический период (S-период) — промежуток времени, когда удваивается ДНК *ядра*. (Интересно отметить, что удвоение ДНК *митохондрий* и хлоропластов может не совпадать по времени с S-периодом — оно происходит независимо от ядра.) В большинстве случаев между предыдущим делением и началом S-периода существует промежуток времени G_1-период (от английског слова gap — промежуток, пауза). По окончании синтеза ядерной ДНК деление начинается не сразу, а после G_2-периода (вторая пауза).

На самом деле никаких пауз в жизни делящихся клеток нет. Дело в том, что в течение клеточного цикла (а более 90% продолжительности его падает на интерфазу) объем клетки должен увеличиться примерно вдвое, с тем чтобы размеры дочерних клеток соответствовали размерам материнской. Поэтому в размножающихся клетках идет довольно интенсивный синтез РНК и *белков*. Он начинается сразу после *митоза*, в G_1-периоде, затем усиливается в S-периоде и достигает максимальной интенсивности в середине G_2-периода. Во время митоза синтез РНК прекращается полностью, а синтез белка составляет не более $^1/_4$ от интерфазного уровня.

Выход клеток из цикла происходит в естественных условиях сразу после митоза: вместо G_1-периода они вступают в так называемый G_0-период, или состояние покоя, хотя этот покой относителен. G_0-период — это время выполнения клеткой ее специализированных функций. Возвращение клеток в цикл (если оно возможно) начинается со вступления их под

действием стимулирующих агентов в G_1-период, и лишь затем начинается синтез ядерной ДНК. Таким образом, очевидно, что в G_1-периоде происходят определенные подготовительные процессы для вступления в S-период.

Установлено, что для прохождения клеткой цикла необходимо последовательное включение определенных *генов*. Синтез белков, обеспечивающих каждую стадию цикла, осуществляется чаще всего заранее — в G_1-периоде синтезируются белки, участвующие в синтезе ДНК; в G_2-периоде — белки, необходимые для митоза и начала следующего, G_1-периода, и т. д.

КЛОН

Клон — генетически однородное потомство одной *клетки*, полученное путем вегетативного *размножения*. Клонами называют и размноженные из одной клетки путем деления линии одноклеточных организмов, клетки высших организмов, размноженные в культуре (см. *Культура клеток и тканей*), высшие растения, размножаемые черенками, отводками и прививкой (все сорта плодовых растений, например, груши и яблони, — клоны). Все они развиваются из клеток, уже прошедших *мейоз*.

Половой процесс с предваряющим его *мейозом* нарушает генетическую однородность клона. Поэтому клоны высших организмов, у которых нет бесполого размножения, — явление редкое. Клоном у человека можно назвать только однояйцевых *близнецов* (клоны одной зиготы). По генетической однородности к клонам приближаются (но не равны им) чистые линии животных и растений, получаемые путем близкородственного скрещивания (см. *Инбридинг*).

В последнее время термин «клон» стали применять также к гену, искусственно выделенному из какого-либо организма, а затем встроенному в геном *бактерии* и размножаемому в ней. Клонирование генов — один из главных методов *генной инженерии*.

В настоящее время для некоторых животных (главным образом амфибии) освоен мѐтод пересадки клеточных ядер из позднего зародыша в яйцеклетки, из которых удалили собственное *ядро*. Эту манипуляцию в принципе можно повторять несколько раз. Так возникает возможность получить клон животных — ведь все они происходят из одного ядра и, следовательно, похожи друг на друга, как однояйцевые близнецы. В науке обсуждаются возможности получения клонов сельскохозяйственных животных и даже человека.

КОММУНИКАЦИЯ У ЖИВОТНЫХ

Все животные вынуждены общаться между собою, даже живущие большую часть года в одиночестве — в период размножения и воспитания потомства. Поводов для общения много: предупредить об опасности, о наличии пищи и ее местонахождении, подать сигнал контакта или сбора, завязать знакомство. Такой обмен информацией и называется коммуникацией.



Птицы пользуются разнообразной звуковой сигнализацией. *На снимке:* **«диалог» родителей в гнезде иволги.**

Коммуникационные сигналы различны. Широко распространены мимика, позы и жесты. Собака скалит зубы, предупреждая, что будет защищаться. Тритон при знакомстве с самкой, чтобы вызвать ее расположение, становится на голову и делает резкие взмахи хвостом, а манящий краб радушно машет своей гигантской

Снежный барс, ирбис, пытается напугать соперника грозным рычанием.

Сотрудники аэропорта г. Самарканда записывают на магнитную пленку звуковые сигналы опасности у грача, чтобы затем с их помощью заставить птиц покинуть территорию аэропорта и тем самым предотвратить возможные аварии самолетов.



правой клешней. Пчела — сборщица пыльцы и нектара, вернувшаяся в улей с богатой добычей, исполняет на сотах танец, передавая другим особям информацию о том, в каком направлении и как далеко находятся цветущие растения.

Цветовые сигналы используют хамелеоны: встретив самку, самец многократно меняет свою окраску. Морские рыбы и некоторые насекомые пользуются «фонариками» (см. *Биолюминесценция*). У самки ивановского червячка с наступлением темноты начинают светиться три последних членика брюшка, и самцам легче ее отыскать. У тропических светлячков «фонарики» имеют и самцы, и самки. Самцы, рассевшись по кустам, посылают световые сигналы в строго определенном ритме. Летящая самка на каждую вспышку отвечает своей, посылая ее через определенный интервал. Величина этого интервала — тоже сигнал, информирующий самцов о видовой принадлежности самки.

Для сигнализации животные могут использовать электромагнитные колебания. С их помощью большие стаи рыб слаженно выполняют сложные маневры, а пчелы в темноте по характеру электромагнитного поля улавливают фигуры танца удачливой сборщицы.

Звуковые сигналы очень удобны в темноте, густой траве или лесу. Они используются для предупреждения об опасности, чтобы напугать соперника или привлечь самку. Весенние песни птиц — это и призыв к самке, и предупреждение для других самцов, что гнездовой участок занят. Богата звуковая сигнализация у галок. Крик «кья» означает «летите за мною», а «киав» — «летите за мною к дому». У кур несколько сигналов опасности. По сигналу наземной тревоги они бросаются наутек в противоположную сторону от его источника; по сигналу воздушной тревоги замирают на месте или прячутся в укрытии.

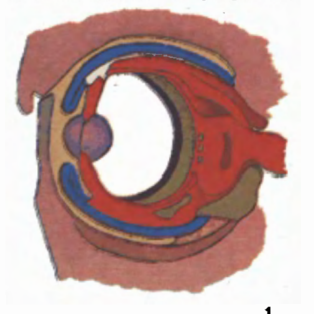
Обонятельные сигналы удобны тем, что некоторые из них способны распространяться на значительные расстояния. Самцы бабочки лунной павлиноглазки улавливают запах самки на расстоянии до 11 км. Другие запахи не распространяются так далеко, зато долго сохраняются. Для обонятельной сигнализации используются кал, моча и выделения специальных желёз — феромоны (см. *Биологически активные вещества*). С помощью обонятельных меток собаки, волки, олени, антилопы и другие животные маркируют занятую ими территорию. Самец летяги метит своим запахом самку. Муравьи и термиты устанавливают на своих дорогах многочисленные пахучие «указательные знаки». Каждая семья пчел, муравьев или термитов имеет свой индивидуальный запах. Он заменяет им пропуск для входа в собственный дом. С помощью запаха пчела подает сигнал тревоги. Когда она жалит врага, то вместе с ядом выделяет и пахучее вещество, призыв о помощи.

Коммуникация животных напоминает человеческую речь, но это сходство чисто внешнее. Их сигналы имеют безусловнорефлекторный характер, т. е. производятся непроизвольно (см. *Рефлексы*). Кроме того, они никому специально не предназначены. Курица, живущая в одиночестве, при опасности все равно будет подавать сигнал тревоги, а петух, разрывая навозную кучу, сзывать несуществующих кур.

КОНВЕРГЕНЦИЯ

Конвергенция (от латинского слова convergo — приближаюсь, схожусь) — это сходство признаков у прежде несходных организмов, возникшее в процессе *эволюции*. В результате конвергенции у разных организмов возникают сходные признаки (органов, структур, внешнего облика) на различной основе (см. *Аналогия*). Конвергентно возникли обтекаемые формы акулы, дельфина, вымершего ихтиозавра; летательные перепонки сумчатой белки и летяги; одинаково построенные дыхательные трубочки — трахеи у паукообразных и насекомых; сходные глаза человека и осьминога и многое другое. Следует помнить, что конвергентно возникают лишь органы и их комплексы, но не целые организмы, не *виды*. Сумчатая летучая белка, несмотря на удивительное внешнее сходство с летягой, остается представителем отряда сумчатых, и слияние двух видов в один в результате конвергенции невозможно. Конвергенция обычно возникает в ходе приспособления к одинаковым условиям (например, обтекаемость тела для движения в воде) или для «решения» сходных задач (например, глаза, чтобы видеть, у головоногих моллюсков и у позвоночных; у насекомых, однако, эта же задача решается иначе — образованием фасеточных глаз).

Пример конвергенции — строение глаз головоногих моллюсков и позвоночных. У осьминога (*1*) и человека (*2*) глаза внешне похожи, однако они развиваются из разных зачатков, и принцип строения у них разный. У осьминога глаз наводится на фокус приближением и удалением хрусталика по отношению к сетчатке, у человека хрусталик эластичен, его кривизна изменяется сокращением и расслаблением особых мышц, благодаря чему мы отчетливо видим предметы на разном расстоянии.


1


2

Иногда конвергенцию трудно отличить от *параллелизма,* так как между ними нет четкой границы. Чем ближе друг к другу исходные структуры с конвергентными признаками, тем ближе это явление к параллелизму.

КОРРЕЛЯЦИЯ

Корреляцией (от латинского слова correlatio — соотношение) в биологии называют те случаи, когда какой-нибудь признак в структуре организма, его химическом составе, поведении и т. п. появляется, как правило, вместе с другим или другими признаками и зависит от них. Тогда мы говорим, что эти признаки коррелируют между собой. Впервые значение корреляции понял французский натуралист *Ж. Кювье.*

Различают три причины возникновения корреляций:

1) геномные, когда один и тот же *ген* определяет развитие сразу нескольких признаков, поэтому они всегда сцеплены в потомстве. Например, у желтозерного гороха могут быть желтыми и цветки, и черешки листьев;

2) морфогенетические, когда развитие одного органа в *онтогенезе* влияет на развитие другого. Так, усиленное развитие мышц способствует развитию костей, к которым они прикрепляются, развитие костного *скелета* — вытеснению хрящевого;

3) филетические, когда усиленное или, наоборот, ослабленное развитие какого-либо органа в процессе *эволюции* приводит к соответствующим изменениям в строении другого. Например, потеря ног у ящерицеподобных предков змей привела к коррелятивному увеличению числа позвонков.

В особую категорию выделяют еще эргонтические (от греческого слова ergon — работа) корреляции, наблюдаемые у отдельных особей. Например, ампутация одной конечности приводит к усиленному развитию другой.

Иногда признаки сцеплены очень жестко. Если мы знаем, что у какого-нибудь животного одна левая дуга аорты, отсюда однозначно следует, что у него четырехкамерное сердце, хорошо развита *нервная система,* что оно рождает живых детенышей и вскармливает их молоком, короче — принадлежит к классу млекопитающих. Иногда связь между признаками не так прочна: темноволосые люди обычно имеют карие или черные глаза, но не так уж редки голубоглазые брюнеты.

Система корреляций между признаками организма развивается в процессе эволюции постепенно. Она значительно ограничивает *изменчивость,* так как крупное изменение одного признака неизбежно затрагивает другие. Поэтому в эволюции не может появиться, например, слон с крыльями или жираф, роющий норы.

В конечном счете в организме коррелятивно связаны все признаки. Будь корреляция стопроцентной, эволюция вообще не могла бы идти, так как любое наследственное изменение изменяло бы все признаки и ее результатом был бы нежизнеспособный уродец. Часто в эволюции корреляции нарушаются, и развитие одного органа перестает определять развитие другого. Наоборот, восстановление системы корреляций порой приводит к *атавизмам* — случаям возникновения у потомков древних, предковых признаков.

Исследовав систему корреляций между черепом, мышцами и другими мягкими тканями головы, советский ученый М. М. Герасимов разработал способ портретного восстановления лица по черепу, который интересен не только антропологам и археологам, но и криминалистам.

КРОВЬ

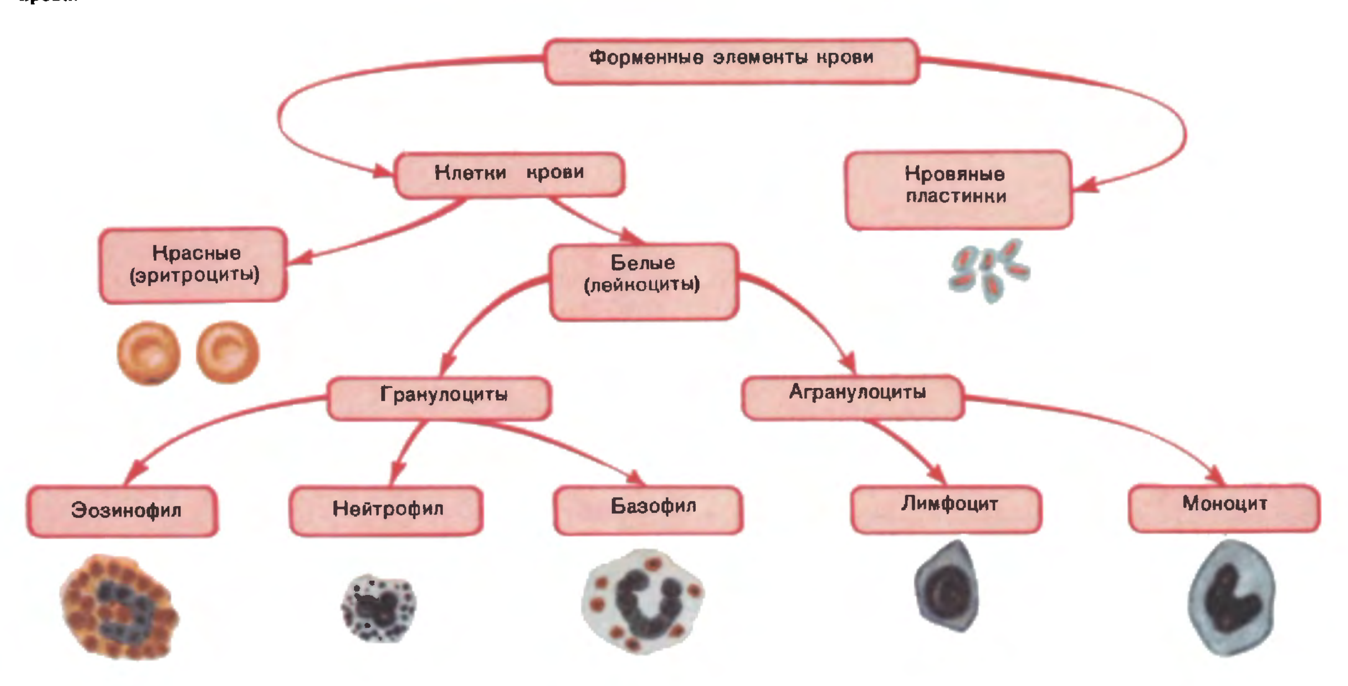
Кровь — жидкая *ткань,* циркулирующая в кровеносной системе человека и животных. Она состоит из жидкости — плазмы, в которой плавают *клетки* — так называемые форменные элементы крови — эритроциты, лейкоциты, кровяные пластинки и др. (рис. 1).

Одна из главных функций крови — обеспечение тканевого дыхания. От легких она переносит кислород, а к легким — углекислый газ. Кислород и в небольшой степени углекислый газ в крови связаны с гемоглобином — *белком,* который легко присоединяет и отщепляет их молекулы. Гемоглобин, присоединивший кислород, — оксигемоглобин — ярко-красного цвета, что обусловливает красный цвет крови.

У многих видов беспозвоночных в организме содержится жидкость — гемолимфа, по функциям сходная с кровью и с лимфой. Она не содержит эритроцитов, бесцветная, желтоватая или окрашена, но только не в красный цвет. У моллюсков и членистоногих кровеносная система незамкнута, поэтому гемолимфа, в которой растворен гемоглобин, омывает все внутренние *органы* и проникает в межклеточные пространства. У некоторых беспозвоночных и всех позвоночных животных кровь заключена в кровеносные сосуды и не смешивается с тканевой жидкостью и лимфой (см. *Сердечно-сосудистая система*).

С усложнением организации животных *обмен веществ* становится интенсивнее. Для этого позвоночным необходимо много гемоглобина, и, если бы он был растворен в крови, резко

Рис. 1. Форменные элементы крови.



УИЛЬЯМ ГАРВЕЙ (1578—1657)



Английский врач, физиолог и эмбриолог Уильям Гарвей изучал медицину в университетах Англии и Италии. Он был доктором медицины университета в г. Падуе, затем членом английской Королевской коллегии врачей, главным врачом и хирургом одной из лондонских больниц.

Талантливый ученый, он много лет посвятил разгадке тайны кровообращения. До Гарвея почти полторы тысячи лет господствовало учение римского врача К. Галена, согласно которому кровь постоянно образуется из пищи в печени, течет по нижней полой вене в сердце, где смешивается с одухотворяющей ее пневмой, поступающей из легких. Там венозная кровь превращается в артериальную и потребляется всеми органами тела. Многолетние опыты на животных, изучение анатомии трупов людей убедили Гарвея в том, что Гален ошибался: в действительности кровеносная система замкнута. Кровь не расходуется в органах, а циркулирует по всему телу, переходя из вен в артерии через тончайшие сосуды — капилляры, существование которых предположил Гарвей. Это доказал итальянский ученый Мальпиги лишь в 1661 г., уже после изобретения микроскопа. Гарвей описал большой и малый круги кровообращения, в которые сердце, сокращаясь, нагнетает кровь.

Ученый почти 30 лет проверял и обдумывал результаты исследований, прежде чем в 1628 г. изложил свою теорию кровообращения в книге «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных». После выхода книги в свет Гарвей подвергся жесточайшим нападкам. Ведь церковь и тогдашняя медицина запрещали даже сомневаться в правильности учения Галена. Гарвей пережил преследования церкви, клевету современников, потерю состояния и врачебной практики. И все же он дожил до признания своей правоты.

Многолетние гонения не сломили Гарвея. Он снова рискнул опровергнуть общепринятые мнения.

В то время ученые допускали возможность самозарождения живых организмов из неживого — лягушек из ила, червей из грязи и пр. Наблюдения Гарвея свидетельствовали о том, что зародыши всех исследованных им животных — беспозвоночных, птиц и млекопитающих — развиваются не из неживых веществ, а из яйца. В 1651 г. вышел его труд «Исследования о зарождении животных», положивший начало эмбриологии, в котором Гарвей утверждал: «Все живое из яйца», отвергая идею самозарождения.

Жизнь Гарвея — яркий пример выдающегося мужества и стойкости ученого в борьбе за свои прогрессивные идеи и убеждения.

увеличилась бы ее вязкость и снизилась способность проходить через капилляры. Но этого не происходит, потому что гемоглобин упакован в клетки — эритроциты. Возрастание концентрации гемоглобина (у низших позвоночных — 5—10 г на 100 г крови, у млекопитающих — 10—15 г) достигается за счет увеличения числа эритроцитов и уменьшения их размеров. Эритроциты млекопитающих высокоспециализированы. Они лишены *ядер,* а их форма — двояковогнутый диск — позволяет увеличить рабочую поверхность газообмена. Общая площадь всех эритроцитов человека — 3700 м^2, в 1 мм^3 крови их примерно 5 млн. Они эластичны и могут проходить через капилляры, изгибаясь и вытягиваясь.

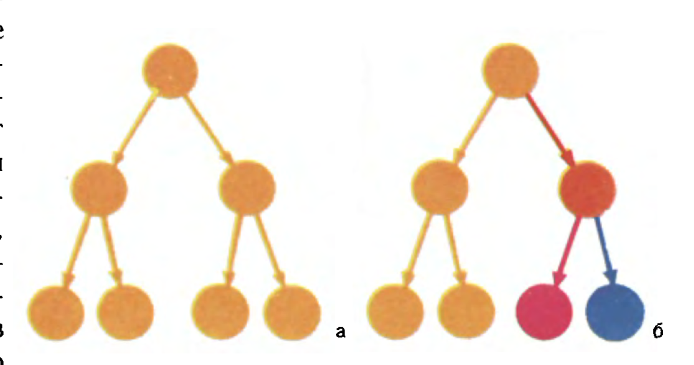
Состав плазмы сложный: белки, *углеводы, липиды,* неорганические вещества. Многие из них участвуют в регуляции и поддержании водно-солевого и кислотно-щелочного равновесия в зависимости от функционального состояния организма.

В плазме растворены белки свертывающей системы крови. В результате их взаимодействия кровь вне кровеносных сосудов сворачивается — образует сгустки (тромбы). Если поврежден сосуд, то тромб закрывает отверстие, останавливая кровотечение. Процесс свертывания начинается с того, что изнутри сосуда к поврежденному месту пристают кровяные пластинки. Это обрывки цитоплазмы гигантских клеток — мегакариоцитов, содержащихся в костном мозге. Если работа свертывающей системы нарушена, тромбы образуются чаще и мешают нормальному кровообращению, закупоривая сосуды, что приводит к тяжелым болезням (инфаркт, инсульт).

Лейкоцитов в 1 мм^3 крови 4,5—9 тыс. Под этим названием объединяются несколько видов клеток: лимфоциты, моноциты, базофилы, эозинофилы, нейтрофилы. Лимфоциты — клетки с округлым интенсивно окрашивающимся ядром и небольшим ободком цитоплазмы. Моноциты крупнее, их бобовидное ядро кажется менее плотным. Базофилы, нейтрофилы и эозинофилы различают по способности гранул, присутствующих в цитоплазме, окрашиваться специальными красителями. Ядра этих клеток состоят из нескольких колбасовидных частей, соединенных перетяжками.

Функции лейкоцитов различны. Лимфоциты — исполнители и регуляторы иммунных процессов (см. *Иммунитет*). Остальные лейкоциты участвуют в универсальной защитной реакции организма — воспалении, которое возникает при травмах, ожогах, переохлаждениях, инфекциях и т. п. Лейкоциты могут проникать из крови в ткань. Патрулируя по кровеносным сосудам, они достигают неблагополучного участка и дружно устремляются к месту повреждения, образуя вокруг него лейкоцитарный вал. Начинается уничтожение *бактерий* и мертвых клеток — *фагоцитоз.* Благодаря циркуляции в крови лейкоцитов и антител осуществляется защитная функция крови.

Рис. 2. *а* — самоподдержание стволовых клеток; *б* — асимметричный митоз: одна дочерняя клетка остается стволовой, другая дифференцируется. Ее потомки — клетки разных типов.



Клетки крови различных позвоночных в основном сходны, однако у птиц функцию кровяных пластинок выполняют небольшие клетки — тромбоциты, а у таких млекопитающих, как кошка, крыса, мышь, нет базофилов.

Постоянство химического и клеточного состава крови регулируется различными способами, отклонение от него — сигнал тревоги. Вот почему анализ крови широко применяется во врачебной практике.

Как же поддерживается постоянное количество клеток крови? Они недолговечны — эритроциты живут около 4 мес., моноциты — 3 дня, эозинофилы — всего несколько часов. Но их численность не уменьшается, несмотря на то что клетки, циркулирующие в крови, утрачивают способность к делению. В таких быстро обновляющихся клеточных системах, как кровь, присутствуют малодифференцированные стволовые клетки. Когда они вступают в *митоз,* их потомки остаются подобными им либо дифференцируются. Количество митотических делений таково, что число стволовых и дифференцированных клеток остается постоянным. Одна стволовая клетка может быть предком нескольких клеточных типов (рис. 2). Например, все разнообразные клетки крови происходят от одинаковых стволовых клеток, образующихся в костном мозге.

КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ

Круговорот веществ в природе представляет собой совокупность повторяющихся процессов превращения или перемещения веществ, имеющую более или менее выраженный циклический характер.

Начнем с круговорота воды. Это сложный геофизический процесс, основными звеньями которого являются: испарение воды, перенос ее паров воздушными потоками, образование

Круговорот углерода в природе.




Органический углерод
растений
Дыхание
Бактерии
Животные
Биогенные залежи углеродистых соединений (нефть, газ, торф, биогенные карбонаты и др.)

облаков и выпадение осадков, поверхностный и подземный сток вод в океан.

В этот геологический круговорот воды встраивается биологический (или биотический) круговорот. Растения всасывают воду из почвы, а затем испаряют ее (см. *Транспирация*). Часть поглощенной растениями воды идет на построение органических веществ, которые, окисляясь, снова образуют воду (см. *Биологическое окисление*). Любой живой организм поглощает и выделяет воду, используя при этом энергию, полученную зелеными растениями от солнечного света (см. *Фотосинтез*). Таким образом, именно излучаемая в виде света энергия Солнца «вращает колесо» круговорота воды, и не только воды, а и всех других веществ.

Рассмотрим круговорот азота. Азот Земли находится в основном в ее атмосфере. Некоторые микроорганизмы, как свободноживущие (например, цианобактерии, азотобактер), так и симбиотические (например, клубеньковые *бактерии* бобовых), способны поглощать азот из воздуха и фиксировать его в своем теле в виде азотсодержащих органических соединений, превращать молекулярный азот в аммиак, хорошо усваиваемый растениями. Из растений азот в составе органических соединений поступает в организмы животных и других *гетеротрофов.*

В конечных звеньях *пищевых цепей* органические вещества, попавшие в почву при разложении трупов и с выделениями организмов, служат пищей для бактерий и грибов. Определенные группы почвенных микроорганизмов (деструкторы) разлагают органические вещества до неорганических, которые могут усваиваться зелеными растениями. Так, органические соединения азота превращаются в почве в аммиак, который снова может быть усвоен растениями. Почвенные бактерии-хемосинтетики (см. *Хемосинтез*) окисляют аммиак до нитритов и нитратов, которые поступают с водой в растения и там восстанавливаются до аммиака. Есть в почве и микроорганизмы, превращающие аммиак в молекулярный азот, который поступает в атмосферу.

В местах, где выпадает мало осадков, нитраты, образующиеся из гуано — помета колониальных птиц, питающихся живущей в океане рыбой, накапливаются в виде залежей селитры (например, в Чили). Вновь в круговорот азота ее возвращает человек, используя селитру для удобрения полей.

Человек все активнее вмешивается в круговорот веществ. Например, осуществляется синтез сотен миллионов тонн азотных удобрений, но по своей интенсивности промышленная фиксация азота атмосферы уступает биологической и сопряжена с отравлением окружающей среды: излишки азотных удобрений атмосферные осадки смывают с полей в реки. Так они попадают в воду, потребляемую человеком. Оказалось, что нитраты не безвредны для человека — их излишек способствует образованию злокачественных опухолей. Кроме того, синтез азотных удобрений требует больших затрат энергии. Поэтому ученые интенсивно изучают механизм биологической фиксации атмосферного азота, чтобы разработать более эффективные пути обеспечения растений азотом (см. *Азотфиксация*).

Источником фосфора биосферы являются в основном апатиты, встречающиеся во многих горных породах. Организмы извлекают его из почв и водных растворов, включая в многочисленные фосфорсодержащие органические соединения. С гибелью организмов он возвращается в почву и илы морей, где может концентрироваться в виде отложений (гуано, отложения костей рыб и т. д.). Поскольку большинство почв содержит недостаточное количество фосфора, внесение фосфорных удобрений исключительно важно для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Так же можно описать круговорот многих других элементов. Каждый из них имеет свои особенности, но важно подчеркнуть, что энергия для любого круговорота в конечном счете поступает от Солнца.

Круговорот веществ сложен, и элемент «течет» от соединения к соединению не по одному руслу, а по нескольким, которые разветвляются и снова сливаются, причем круговороты различных элементов взаимосвязаны.

Биологический круговорот лишь часть геологического, но его скорость в сотни тысяч и миллионы раз больше, поскольку все биологические превращения катализируются *ферментами,* которые в сотни тысяч и миллионы раз активнее неорганических катализаторов.

Другая особенность биологического круговорота — это очень сильное концентрирование биологически важных химических элементов, например фосфора, а иногда даже редкоземельных (например, иттрия в хвощах).

Биологический круговорот цикличен, потому что пищевые цепи имеют замкнутый характер. Это обеспечило возможность длительного существования жизни на Земле, поскольку в противном случае самые богатые запасы любого вещества были бы быстро исчерпаны.

Из-за активного вмешательства человека в процессы, происходящие в природе, возникла проблема ее охраны (см. *Охрана природы*).

Ряд веществ в результате геологических и космических процессов теряется, выходит из круговорота. Так, улетучивается с Земли в космическое пространство водород, образующийся при разложении воды. На дне океанов отлагаются биогенные карбонаты, выводя из круговорота углерод. А из космического пространства с солнечным ветром и метеоритами поступает на Землю углерод и ряд других эле-

ментов. При извержении вулканов из земных недр на поверхность выбрасываются углекислый газ, вода и другие соединения. Таким образом, круговорот веществ на Земле связан с глобальными геологическими, биологическими и астрономическими процессами, а также с сознательной деятельностью человечества.

КРУЖКИ БИОЛОГИЧЕСКИЕ

Кружки юных биологов в школах, дворцах и домах пионеров, пионерских лагерях, на станциях юных натуралистов — одна из форм организации детей, увлекающихся науками о живом. Существуют кружки юных ботаников, зоологов, физиологов, микробиологов, почвоведов.

Главная задача таких кружков — воспитание любви к природе и интереса к биологии. Здесь учат ребят понимать законы природы, бережно относиться к растительному и животному миру. На занятиях у кружковцев развиваются самостоятельность, инициатива, юные биологи приобретают интерес к исследовательской работе, необходимые навыки для нее. Опытные преподаватели передают им навыки культуры труда, что пригодится потом в любой деятельности.

Обычно занятия проводятся 1—2 раза в неделю. Теория и практика занятий выходят за рамки школьных учебников, помогая ребятам, всерьез увлекшимся биологическими науками, приобрести знания, которые позже пригодятся им и в институте, и в работе. Юные почвоведы учатся определять состав почвы, ее щелочность, кислотность, познают связи между составом почвы и будущим урожаем. Юные физиологи изучают закономерности *роста* растения, его зависимость от минерального питания. Юные зоологи не только изучают видовой состав окружающей *фауны*, но и знакомятся с основами интереснейшей новой науки о закономерностях *поведения животных* в разных условиях — этологии.

Занятия в кружках воспитывают у юных биологов и коллективизм. Ребята часто совершают увлекательные экспедиции и экскурсии по родному краю. Походы порой связаны с трудностями, которые укрепляют дружбу, чувство локтя. Воспитывается у ребят и очень важное чувство ответственности: некоторые работы в кружках выполняются по заданиям ученых-биологов. Кружковцы гордятся вниманием специалистов, стараются выполнить их поручения как можно лучше. Немало научных достижений юных биологов внедрено в сельскохозяйственную практику.

Биологический кружок многим школьникам открывает путь в науку. Немало известных советских ученых первые свои шаги в исследовании тайн живого мира сделали в кружках юных биологов.

На станциях юных натуралистов и опытников сельского хозяйства работают кружки начальных классов, зоологов, садоводов, цветоводов, кролиководов, овощеводов, охраны природы, полеводов.

Большой вклад в выполнение Продовольственной программы СССР вносят юные кролиководы. Так, кружок кролиководов Амурской станции юннатов был награжден Почетной грамотой ЦК ВЛКСМ и денежной премией за выращивание кроликов. Ребята не только выращивают этих животных, но и изучают их породы, учатся распознавать и лечить болезни кроликов, участвуют в выведении новых, более продуктивных пород.

Юные цветоводы украшают свои города и поселки цветами. Школьники изучают сорта цветов, учатся правильно их выращивать, получать качественные семена, составлять букеты и композиции, а также пробуют сами выводить новые сорта. Ведут они и большую опытническую работу: определяют оптимальные сроки посева семян, устойчивость растений к заболеваниям, влияние минеральных удобрений на развитие растений и окраску цветков и др.

В каждом кружке работа интересна. Юные полеводы, например, выращивают не только уже привычные культуры — рожь, пшеницу, овес, ячмень, но и такие, которые пока еще новы для той или иной местности.

На счету у юных садоводов тоже немало полезных и важных дел. На многих станциях юных натуралистов был поддержан почин Зеленогайской средней школы Тамбовской области «Украсим Родину садами!». На Калининской областной станции юных натуралистов по заданию Научно-исследовательского института садоводства школьники изучали влияние обрезки черной смородины на рост и развитие растений, повышение их урожайности.

Часто опытническая работа в кружках ведется по заданию специалистов соседнего колхоза или совхоза. Ребятам поручают испытывать новые сорта, устойчивость растений к болезням, биологические методы борьбы с сорняками, определять состав почв, вести наблюдения за поведением животных.

Интересные опыты проводят в кружках отдела биологии и натуралистической работы Московского Дворца пионеров и школьников на Ленинских горах. Здесь работает много кружков: комнатного цветоводства, цветоводов-декораторов, аквариумистов, гидробиологов, орнитологов, генетики, микробиологии и др. Юные этологи ведут наблюдения за животными зоопарка. Своими знаниями и опытом кружковцы делятся на конференциях и засе-

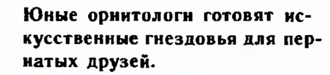
Первое знакомство с электронным микроскопом.

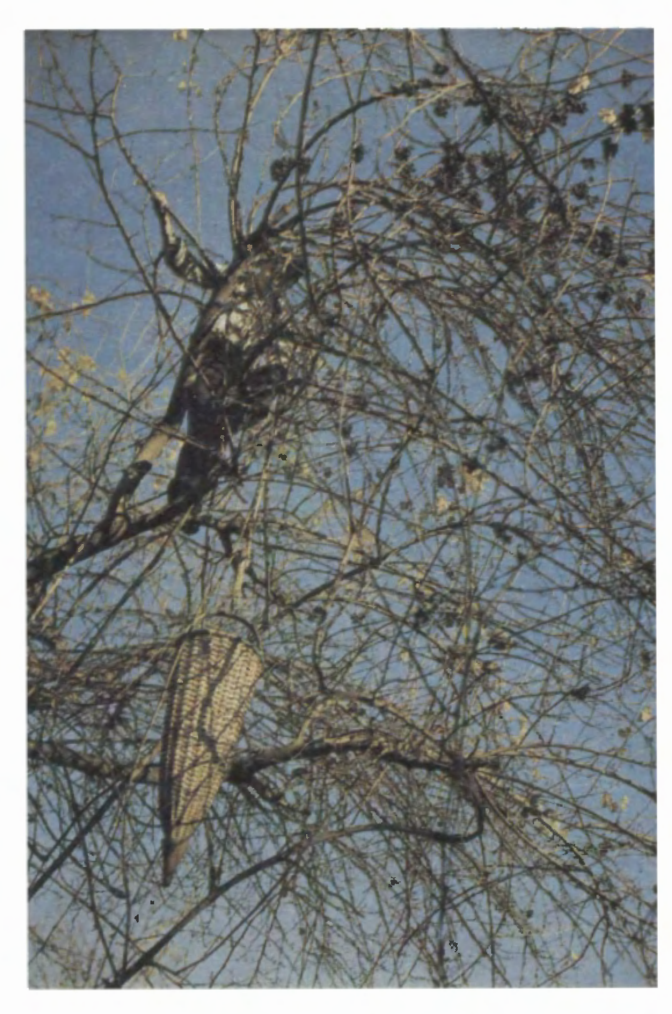
Юные цветоводы с любовью выращивают в теплице разнообразные экзотические растения.

Ребята из зоологического кружка (*справа*) старательно ухаживают за своими питомцами — черепахами, птицами и другими животными.









Осенью важно заготовить побольше плодов для подкормки птиц в суровое зимнее время.



Юные орнитологи готовят искусственные гнездовья для пернатых друзей.



На занятиях ботанического кружка.

даниях юношеского научного общества (ЮНО). Лучшие работы и рефераты представлены на ВДНХ СССР в павильоне «Юные натуралисты и техники».

Участниками ВДНХ СССР становятся лучшие кружки и отдельные школьники за выдающиеся достижения. Самые достойные награждаются медалью «Юный участник ВДНХ СССР».

Такими медалями были, например, награждены учащиеся средней школы № 2 г. Ставрополя. По заданию Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства они несколько лет проводили сортоиспытание сои в условиях своего края на урожайность и содержание белка. Данные, полученные в результате этой работы, были очень важны для ученых.



Юные энтомологи из Харьковского Дворца пионеров помогают ученым собирать насекомых для их количественного учета.

Павильон «Юные натуралисты и техники» ВДНХ СССР проводит большую работу с руководителями юннатских кружков. Здесь можно получить консультацию по организации работы кружка.

Реформа общеобразовательной школы непосредственно окажет влияние и на работу кружков. В их задачу входит не только научить ребят правильно вести наблюдения в природе, умело выращивать растения, ухаживать за животными. Главное — они должны заинтересовать их результатами своего труда, научить, как можно своими руками сделать нашу Родину еще краше и богаче.

КУЛЬТУРА КЛЕТОК И ТКАНЕЙ

Знание законов управления движением, размножением *клетки,* механизмов синтеза в ней различных веществ, клеточных контактов имеет важнейшее значение для биологии, медицины и сельского хозяйства.

Но как изучать клетки животных? С *бактериями* и другими одноклеточными микроорганизмами дело обстоит проще. Другое дело — клетки, например, млекопитающих, включенные в сложную систему организма. Они контролируются *нервной системой, гормонами* и другими веществами; продукты их жизнедеятельности немедленно захватываются другими клетками, и сами они зависят от химических превращений в соседних клетках. А современная наука требует, чтобы любой опыт проводился в строго контролируемых условиях: должны быть известны состав добавляемых веществ, их количество, длительность эксперимента, температура и т. п. Поэтому, чтобы изучать такие клетки, их нужно прежде всего извлечь из организма и затем создать им все необходимые условия для существования. Для этого используют культуру клеток и тканей, растущих вне организма в растворе питательных веществ.

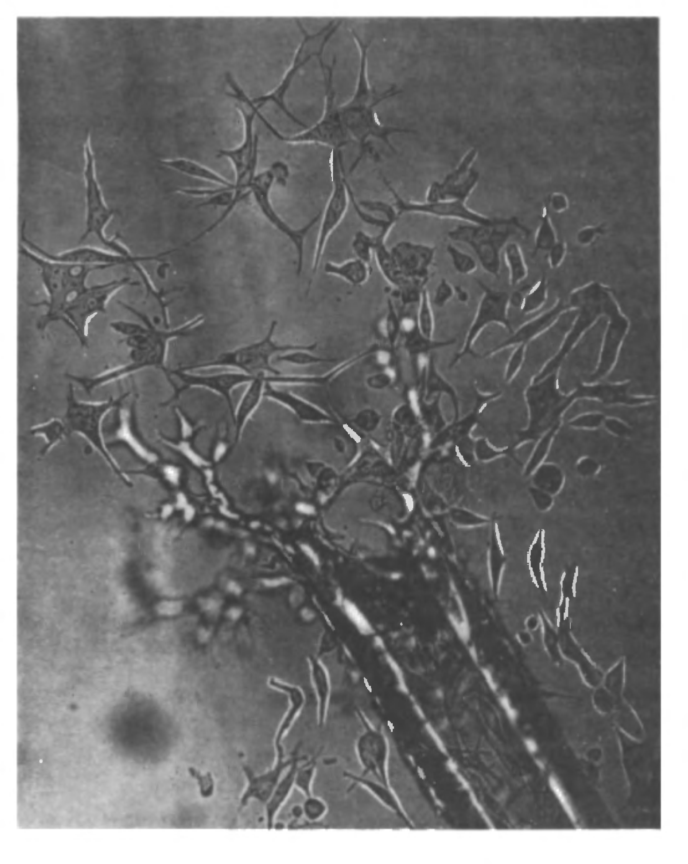
Первые культуры клеток были получены в 1907 г. С тех пор техника культивирования клеток усовершенствовалась. В первую очередь улучшились питательные среды. Клеточные культуры сейчас выращивают в чашках и флаконах разных размеров, которые помещают в специальные термостатируемые шкафы со стерильным воздухом. Чтобы добиться еще большей стерильности, применяют *антибиотики.* Посуду для клеток изготовляют из специальной пластмассы, к которой клетки быстро прикрепляются, что также способствует их росту.

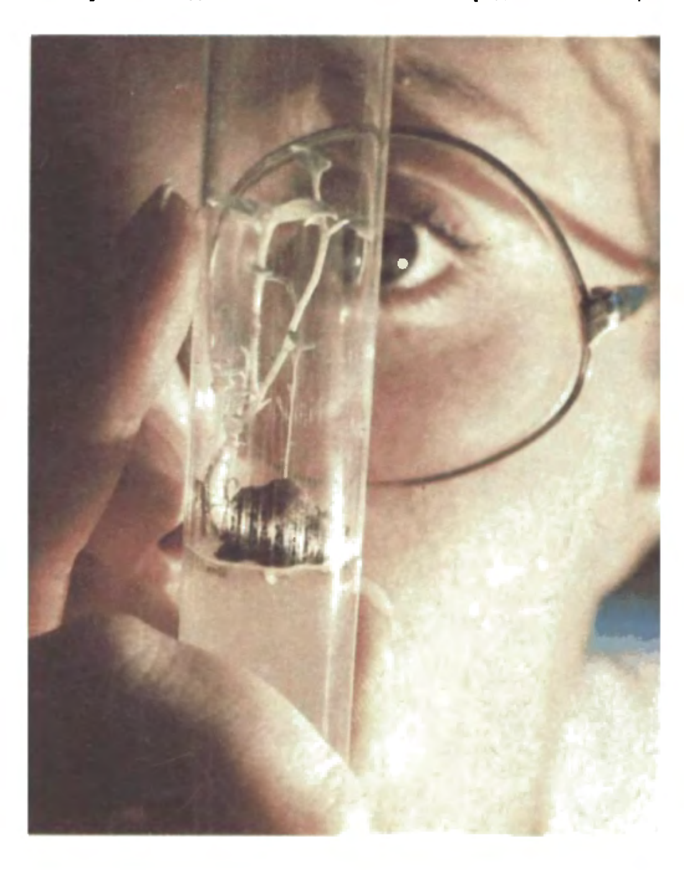
Широкие возможности, которые культуры клеток растений и животных открывают для проведения точных, легко повторяемых опытов, позволяют применять их в самых различных областях биологии. На культурах изучают, как клетки размножаются, как они синтезируют *белок* и *нуклеиновые кислоты,* как работают их органоиды. Даже старение организма можно изучать с помощью клеточных структур. Выяснилось, что *вирусы* заражают клетки в культуре так же, как в целом организме. Но в отличие от организма в культуре за всеми этапами взаимодействия вируса с клеткой можно наблюдать с помощью электронного микроскопа, делать различные химические анализы и использовать весь арсенал современных методов исследования. Исследования раковых клеток также удобно проводить на культуре.

Поняв, как устроена и живет каждая клетка, можно подойти и к секретам отдельных *тканей, органов* и, наконец, целого организма.

Культуры клеток имеют и практическое значение. Их используют для приготовления вакцин — ослабленных препаратов вирусов, вызывающих *иммунитет.* Вирус полиомиелита поражает только клетки человека и обезьян, поэтому раньше для получения большого количества ослабленного вируса приходилось заражать им обезьян. Сейчас получены линии клеток человека. Их и заражают этим виру-

Культура клеток соединительной ткани мыши. Клетки, выращенные в капилляре, перемещаются на дно чашки. Увеличение в 200 раз.



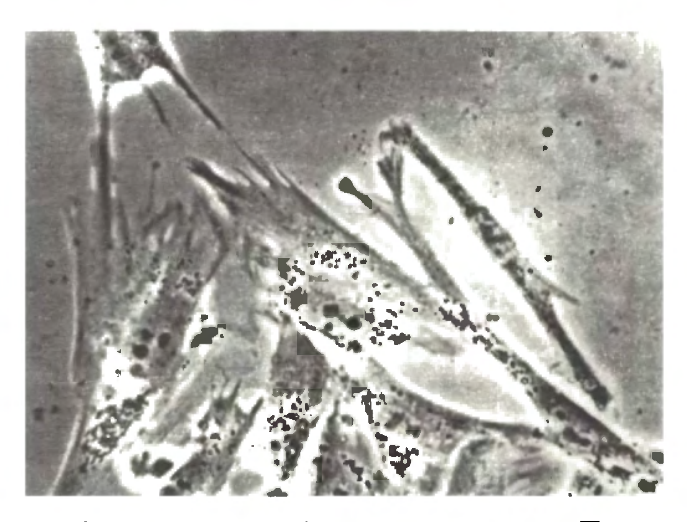


Регенерация ростков картофеля в пробирке. Лаборатория культуры тканей Всесоюзного научно-исследовательского института растениеводства имени Н. И. Вавилова (г. Пушкин Ленинградской области).

туре можно получать гибриды не только растений, но и животных, причем отдаленных видов. Для этого смесь клеток обрабатывают веществами, вызывающими их слияние. Получаются новые клетки, суммирующие свойства и признаки слившихся.

Путем гибридизации получены линии клеток, вырабатывающих антитела (см. *Антиген и антитело*). Точно такие же, какие производит целый организм в ответ на введение чужеродного белка. Нужда в чистых антителах для экспериментальных исследований и практической медицины очень велика, но получить их в больших количествах до недавнего времени было невозможно. Дело в том, что клетки, синтезирующие в организме эти антитела, не удается долго поддерживать в культуре — они гибнут. Ученым удалось получить гибриды этих клеток и линии опухолевых клеток, практически бессмертных. Гибриды соединили в себе полезные свойства тех и других. Получение чистых (не загрязненных массой других антител, которые обычно вырабатываются в организме) антител от таких гибридных клеточных линий (гибридо́м) — одна из важнейших задач *биотехнологии*. Так, культуры клеток, полученные для решения научных проблем, уже сегодня используются для нужд практической медицины.

Вид клеток в культуре.



сом, собирая затем урожай для вакцины. На выделенных клетках разумнее подбирать лекарства, убивающие клетки именно данной опухоли больного: на них можно попробовать любое сочетание лекарственных препаратов и подобрать самое действенное.

Растительные клетки в культуре продолжают вырабатывать свойственные им вещества — эфирные масла, *алкалоиды,* смолы и другие, применяющиеся в различных отраслях промышленности и в медицине. Это важный источник ценнейших природных веществ. Культуру растительных клеток можно использовать и для оздоровления сортов. Многие растения поражены вирусными заболеваниями, которые грозят уничтожить ценный сорт. Из ростков их можно выделить группу здоровых клеток и получить из них растение, не пораженное вирусом, а затем уж размножить его отводками, черенками или клубнями. С помощью культур можно сохранить и исчезающие виды растений.

Широкие возможности открываются для генетиков и селекционеров, выводящих новые сорта. Изолированные ткани и клетки можно обрабатывать химическими веществами или облучать рентгеновскими лучами, вызывая *мутации* — изменения в наследственном аппарате. Из таких клеток и тканей образуются растения с новыми, иногда очень ценными свойствами. Культура ткани помогает преодолевать также трудности, возникающие при *гибридизации* отдаленных форм растений. В куль-

Л

ЛИЗОСОМЫ

В 1955 г. в *клетке* были обнаружены особые частицы — микроскопические пузырьки, содержащие гидролитические *ферменты*, которые способны расщеплять *белки*, *нуклеиновые кислоты*, полисахариды (см. *Углеводы*) и *липиды*. За эту способность им дали название «лизосомы» (от греческих слов lysis — растворение, разложение и soma — тело). Они были найдены в клетках растений и животных. Размеры лизосом колеблются от 0,2 до 0,5 мкм.

У лизосом два отличительных признака: значительное количество ферментов и однослойная ограничивающая их *мембрана*, которая предохраняет структуры и вещества клетки от разрушающего действия этих ферментов.

Различают два основных вида лизосом: первичные, служащие лишь вместилищем ферментов, и вторичные, которые образуются в результате слияния первичных лизосом с вакуолями, содержащими предназначенные для переваривания вещества.

Лизосомы выполняют в клетке пищеварительную, защитную и выделительную функции. Они переваривают попавшие в клетку сложные для усвоения вещества — осуществляют внутриклеточное пищеварение. Оно особенно хорошо выражено в клетках, способных к *фагоцитозу*. Продукты распада и некоторые вредные для клетки вещества превращаются под воздействием ферментов лизосом в нерастворимые продукты. Благодаря лизосомам удаляются отжившие клетки и их части.

Белки клетки и ее РНК существуют в клетке ограниченное время, которое измеряется часами, иногда днями, а иногда и минутами. Переваривание таких макромолекул, их разрезание на составные элементы (мономеры — *аминокислоты* и нуклеотиды) тоже происходит при участии лизосом.

Лизосомы участвуют в защите против *вирусов* (некоторые вирусы «замурованы» в лизосомах), *бактерий*, инородных тел.

ЛИНЬКА

Линька у животных — это периодическое обновление наружных покровов тела. Из беспозвоночных линяют членистоногие и некоторые черви (например, нематоды). Из позвоночных — земноводные, пресмыкающиеся (кроме крокодилов и черепах), птицы и млекопитающие. У членистоногих линька приурочена к определенным стадиям индивидуального развития. Их твердый хитиновый покров не дает возможности расти, и лишь в короткий период, когда старый покров сброшен, а новый еще мягок, происходит увеличение размеров тела. Это длится от нескольких часов до нескольких дней. После затвердения покрова животное не растет до следующей линьки.



Благодаря линьке у всех позвоночных заменяется изнашивающийся покров. Ящерицы и змеи «сбрасывают кожу» — наружный отмерший слой эпидермиса, у птиц старые перья выпадают и вырастают новые, у млекопитающих происходит смена волосяного покрова.

У некоторых птиц и млекопитающих линька приурочена к определенному времени года, у других позвоночных животных она происходит периодически в течение всего года или сезона активности.

Регулируется линька *эндокринной системой*. У насекомых есть особый *гормон* линьки — экдизон. У позвоночных контроль линьки осуществляет один из гормонов гипофиза — железы внутренней секреции, расположенной у основания головного мозга.

ЛИПИДЫ

Липиды — обширная группа природных органических соединений, вместе с *белками*, *углеводами* и *нуклеиновыми кислотами* составляющих главные классы веществ, из которых построено все живое на Земле. Название их происходит от греческого слова lipos — жир,

так как они включают жиры и жироподобные вещества.

К липидам относятся вещества, различные по структуре, обычно растворимые в органических растворителях (эфир, бензол, хлороформ и т. д.). Липиды — один из основных компонентов биологических *мембран.* Они играют также важную роль в биоэнергетике, гормональной регуляции, участвуют в создании иммунитета, образуют термоизоляционные покровы тела. Расскажем о важнейших группах липидов.

С т е р о и д ы — производные пергидроциклопентанофенантрена. Некоторые стероиды служат биорегуляторами — *гормонами* (гормоны надпочечников, женские и мужские половые гормоны). Наиболее распространены в живых *клетках* стерины, в частности холестерин (рис. 1), один из главных компонентов мембран животных клеток, регулирующий их вязкость. В организме он разносится специальными частицами, состоящими из белков и липидов,— липопротеидами. О важности холестерина говорит тот факт, что малейшее нарушение равновесия между различными липопротеидами в нашем организме приводит к отложениям холестерина на стенках сосудов, а это вызывает тяжелую болезнь — атеросклероз.

Из холестерина синтезируются многие другие стероиды.

Н е й т р а л ь н ы е л и п и д ы (ж и р ы) — эфиры глицерина и жирных кислот. В зависимости от того, сколько гидроксильных групп в молекуле глицерина этерифицировано, различают моно-, ди- и триглицериды. Нейтральные липиды (жиры) обычно откладываются в клетках в виде капелек и служат запасом питательных веществ. При необходимости клетки используют их, отщепляя жирные кислоты.

Ф о с ф о л и п и д ы — это тоже в основном производные глицерина, у которых одна из гидроксильных групп этерифицирована не жирной, а фосфорной кислотой. Получившаяся фосфатидовая кислота может быть соединена со спиртовым компонентом Х-ОН. Так устроен, например, самый распространенный из фосфолипидов — фосфатидилхолин, или лецитин (рис. 1). Похожие по структуре фосфолипиды могут строиться на основе не глицерина, а другого спирта — сфингозина. Как и у глицерофосфолипидов, у сфинголипидов два жирных «хвоста», одним из которых служит цепь самого сфингозина, а другим — этерифицированная жирная кислота. Пример такого фосфолипида — сфингомиелин (рис. 1).

Основу г л и к о л и п и д о в обычно состав-

◄ **Заяц-беляк весной линяет, меняя зимнюю белую окраску на буровато-серую летнюю.**

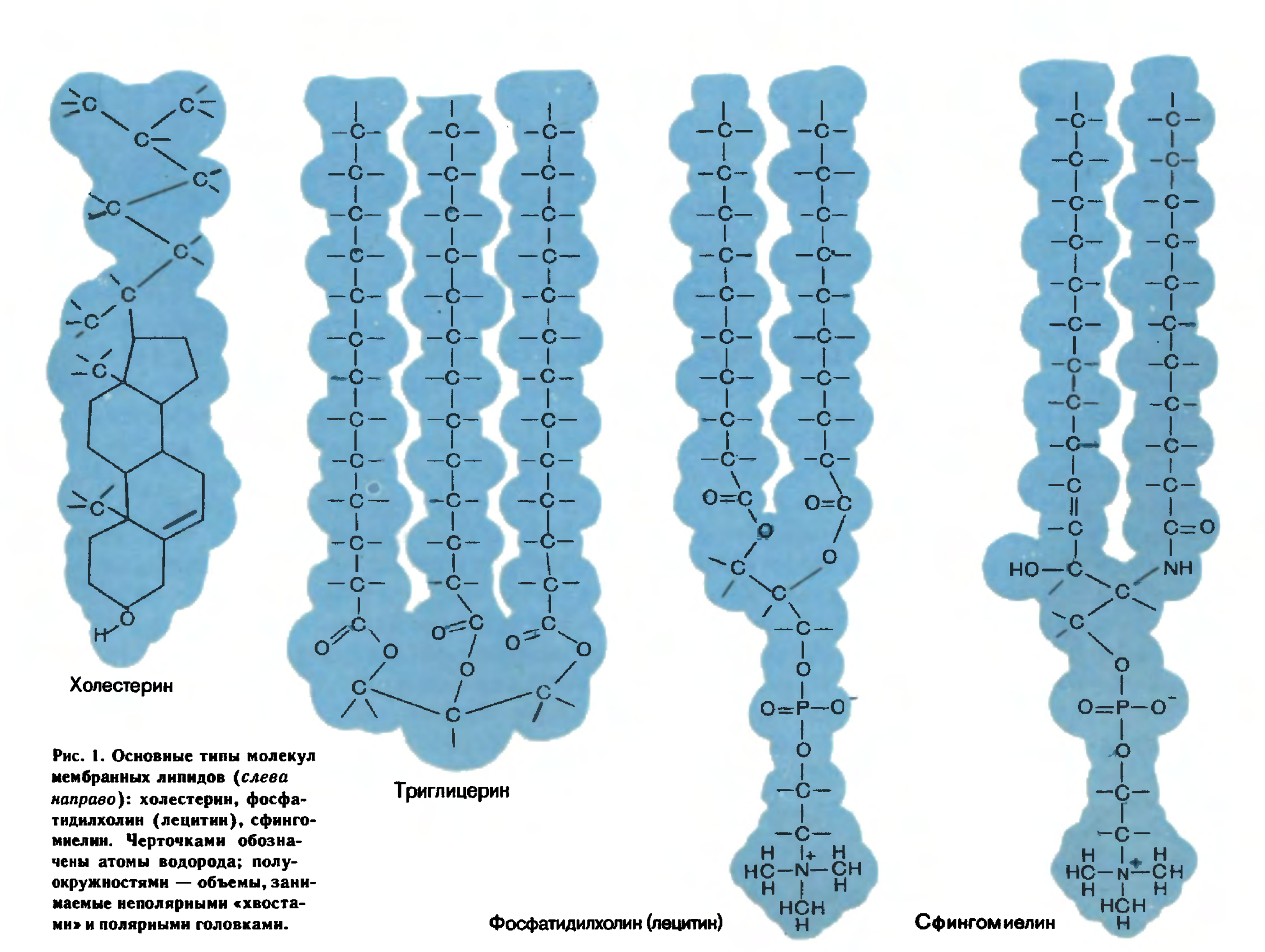


Рис. 1. Основные типы молекул мембранных липидов (*слева направо*): холестерин, фосфатидилхолин (лецитин), сфингомиелин. Черточками обозначены атомы водорода; полуокружностями — объемы, занимаемые неполярными «хвостами» и полярными головками.

Рис. 2. Схема строения мицеллы.

Рис. 3. Схема строения липосомы.

ляет сфингозин, хотя некоторые из них построены на основе глицерина. Гликолипиды не содержат фосфорной кислоты, их полярная головка состоит из простых или разветвленных цепочек углеводов. Гликолипиды, содержащие сиаловую кислоту, называются ганглиозидами. Они играют ключевую роль в узнавании клетками некоторых гормонов, в межклеточных взаимодействиях, определяют некоторые группы *крови* и участвуют в иммунных процессах (см. *Иммунитет*).

Глико- и особенно фосфолипиды замечательны тем, что природа соединила в них, казалось бы, несоединимое. Действительно, с одной стороны из молекулы торчит длинный незаряженный жирный «хвост» (а обычно два «хвоста»), совершенно нерастворимый в воде. С другой стороны расположены заряженные группы, так называемая полярная головка. Если ее отрезать, она легко растворится в воде. Поэтому, оказавшись в водной среде, молекула фосфолипида стремится раствориться своей полярной головкой и одновременно не замочить жирный «хвост». Чтобы выполнить эти противоречивые требования, липидные молекулы объединяются в группы так, что их заряженные головки смотрят наружу, а концы спрятаны внутрь. Такие структуры называются мицеллами (рис. 2). Но мицеллы могут образовать не все фосфо- и гликолипиды. Некоторым из них с двумя длинными «хвостами», как у лецитина, не удается сблизиться настолько, чтобы внутри комплекса не оставалось воды. Избегая касаться воды жирными «хвостами», молекулы объединяются в другие конструкции — липосомы (рис. 3). В этом случае не страшно, что внутри есть вода. Молекулы образуют двойной слой (бислой), замкнутый в пузырек. Заряженные головки смотрят в воду, а жирные «хвосты» обращены друг к другу и воды не касаются. Липидный бислой надежно отделяет внутренность липосомы от внешней среды.

Фосфолипиды объединяются в липосомы сами, и можно предположить, что именно так возникли и мембраны первых клеток. Во всяком случае бислой составляет основу клеточных мембран, правда, в последние включены еще белки и углеводы. На модели бислойной липидной мембраны изучают в упрощенных условиях многие процессы, происходящие в мембранах клеток. Так логика исследования ведет ученых от химии отдельных молекул к изучению их групп, соединений и дальше — к устройству живой клетки.

Многие липиды входят в состав продуктов питания человека и животных, используются в промышленности и медицине.

ЛОКАЦИЯ В ПРИРОДЕ

Способность животных с определенного расстояния устанавливать точное местоположение объектов без участия зрения называется локацией. Объект может быть обнаружен благодаря исходящим от него раздражителям (пассивная локация) или же путем воздействия животного на окружающую среду с помощью звуков или электрических импульсов (активная локация).

Локация источника звука основана на способности животного улавливать разницу во времени прихода звука в правое и левое ухо. Очень развито это свойство у сов. Они способны лоцировать источник звука с точностью до 1°. Ослепшие птицы могут охотиться, отыскивая грызунов по самым слабым шорохам.

Рыбы и некоторые земноводные используют для локации органы боковой линии, воспринимающие малейшее движение воды. С их помощью они определяют размер приближающегося животного, его местонахождение и скорость движения. Рыбы во время движения создают волны давления, которые, отразившись от встречных предметов, дают информацию об их местонахождении.

Стрижи-саланганы, птицы гуахаро, летучие мыши и дельфины наиболее способны к эхолокации. Они издают слышимые человеческим

ухом или чаще не слышимые нами ультразвуковые короткие посылки, как бы прощупывая пространство звуковым лучом. Эхо локационных посылок, отразившихся от встречных предметов, содержит информацию об этих объектах, а время, прошедшее от момента генерации посылки до возвращения эха, позволяет определять расстояние до них.

В воздушной среде наиболее совершенна эхолокация у летучих мышей. Мыши, охотящиеся на крупную малоподвижную добычу вблизи больших гладких поверхностей (у стен, скал), испускают короткие локационные посылки слабой интенсивности. Они должны быть настолько короткими, чтобы эхо не могло вернуться раньше, чем кончится их генерация, и не слишком «громкими», чтобы, отразившись от больших близко расположенных поверхностей, эхо не оглушило бы самих животных. Поэтому дальность действия такого локатора не превышает 1—2 м.

Сова сипуха служит излюбленным объектом для ученых, изучающих локацию ночных хищных птиц (пассивная локация с помощью слуха).



Подковонос. Как и многие другие виды летучих мышей, он пользуется эхолокацией.



Справа — органы боковой линии рыб, воспринимая малейшие колебания воды, позволяют им находить добычу в темноте или в мутной воде, избегать препятствий.



Локационные посылки летучих мышей, охотящихся на мелких быстро летающих насекомых, обладают большой интенсивностью, что увеличивает дальность действия их локатора до 13—17 м. У одних видов они короткие, длительностью всего около 1 мс, у других длинные — до 20—30, а иногда и до 120 мс. С помощью длинных локационных посылок легче обнаружить добычу издалека, но вблизи от нее удобнее ориентироваться с помощью коротких.

Вода — более благоприятная среда для эхолокации, так как звук в ней распространяется в 4 раза быстрее, чем в воздухе, и на более значительные расстояния. С помощью эхолокации дельфины определяют расстояние до встречных объектов, их величину, форму, материал, из которого они сделаны, а благодаря способности звуковых волн распространяться в твердых телах получают представление и об их внутреннем устройстве.

Некоторые рыбы имеют *электрические органы* и непрерывно генерируют слабые электрические разряды, создавая вокруг своего тела биоэлектрическое поле. Их электрорецепторы улавливают его искажение, вызванное оказавшимися вблизи животными или неодушевленными предметами.

Особой термолокацией обладают некоторые змеи (например, гремучие змеи). Выше ноздрей у них находятся две ямки — термолокаторы, способные улавливать и лоцировать на расстоянии предмет, отличающийся по температуре от окружающей среды всего на 0,2°С. Это позволяет змеям в темноте обнаруживать главный объект их охоты — мелких млекопитающих.

М

МАКРОЭРГИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Любой организм постоянно совершает работу: синтез молекул, входящих в состав его *клеток,* поглощение извне необходимых ему веществ и выброс различных шлаков; многие организмы способны также к перемещению в пространстве, активному восприятию внешнего мира и воздействию на него. Для совершения любой работы требуется энергия. Способ получения энергии связан с типом питания, по которому группы организмов делят на *автотрофов* и *гетеротрофов.* При всех типах энергетического обмена энергия запасается в живой клетке в виде макроэргических соединений. Это органические соединения, содержащие богатые энергией (макроэргические) химические связи. К ним относятся, например, вещества, при гидролизе которых высвобождается энергии в 2—4 раза больше, чем при гидролизе других веществ.

К макроэргическим соединениям относятся *аденозинтрифосфорная кислота (АТФ),* аденозиндифосфорная кислота (АДФ), а также пирофосфат ($H_4P_2O_7$), полифосфаты (полимеры метафосфорной кислоты — $(HPO_3)^n \cdot H_2O$) и ряд других соединений. Самое важное макроэргическое соединение — АТФ. Используя энергию, заключенную в макроэргических связях АТФ, при действии *ферментов,* переносящих фосфатные группы, можно получить другие макроэргические соединения, например, ГТФ (гуанозинтрифосфорная кислота), ФЕП (фосфоенолпировиноградная кислота) и др. Образуется АТФ в процессах *биологического окисления* и при *фотосинтезе.* Энергия макроэргических связей используется для совершения любой работы: активации соединений (например, глюкозы, чтобы могла начаться цепь ее окислительных превращений), синтеза *биополимеров (нуклеиновых кислот, белков,* полисахаридов), избирательного поглощения веществ из окружающей клетку среды и выброса из клетки ненужных продуктов, мышечного сокращения и восстановления активного состояния организма и т. д. Запас этих соединений позволяет организму быстро реагировать на изменение внешних условий и совершать физическую работу. При спортивной тренировке содержание макроэргических соединений в мышцах и скорость их образования возрастают.

Есть и другие формы запасания энергии. Во-первых, это разность электрических потенциалов на биологических *мембранах,* которая может быть использована для синтеза макроэргических соединений и на поддержание которой клетке приходится расходовать энергию. Во-вторых, поскольку любой организм способен окислять *углеводы* и жиры с образованием макроэргических соединений, то можно считать, что жировые капли, зерна крахмала, частицы гликогена — это не только запасы пластического («строительного») материала, но и запасы энергии, только в более инертной и менее доступной для быстрого использования форме, чем макроэргические соединения.

Энергетический обмен в организме изучает раздел биохимии — биоэнергетика.

МЕЙОЗ

Клетки многоклеточных организмов обычно имеют двойной, или диплоидный (2 n), набор *хромосом,* так как в зиготу (яйцеклетку, из которой развивается организм) в результате *оплодотворения* от каждого родителя попадает по одному набору хромосом. Поэтому все хромосомы набора парные, гомологичные — одна от отца, другая от матери. В клетках этот набор сохраняется постоянным благодаря *митозу.*

Половые клетки *(гаметы)* — яйцеклетки и сперматозоиды (или спермии у растений) — имеют одинарный, или гаплоидный, набор хромосом (n). Этот набор гаметы получают благодаря мейозу (от греческого слова meiosis — уменьшение). В процессе мейоза происходит одно удвоение хромосом и два деления. — редукционное и эквационное (равное). Каждое из них состоит из ряда фаз: интерфазы, профазы, метафазы, анафазы и телофазы (рис. 1).

В интерфазе I (первого деления) происходит удвоение — редупликация — хромосом. Каждая хромосома после этого состоит из двух идентичных хроматид, соединенных одной центромерой. В профазе I мейоза происходит спаривание (конъюгация) удвоенных гомологичных хромосом, которые образуют бивалденты, состоящие из четырех хроматид. В это время происходит спирализация, укорочение и утолщение хромосом. В метафазе I спаренные хромосомы-гомологи выстраиваются на экваторе клетки, в анафазе I они расходятся к ее разным полюсам, в телофазе I клетка делится. В каждую из двух клеток после первого деления попадает только по одной удвоенной хромосоме от каждой пары гомологичных хромосом, т. е. происходит уменьшение (редукция) числа хромосом вдвое.

После первого деления в клетках проходит короткая интерфаза II (второго деления) без удвоения хромосом. Второе деление идет как

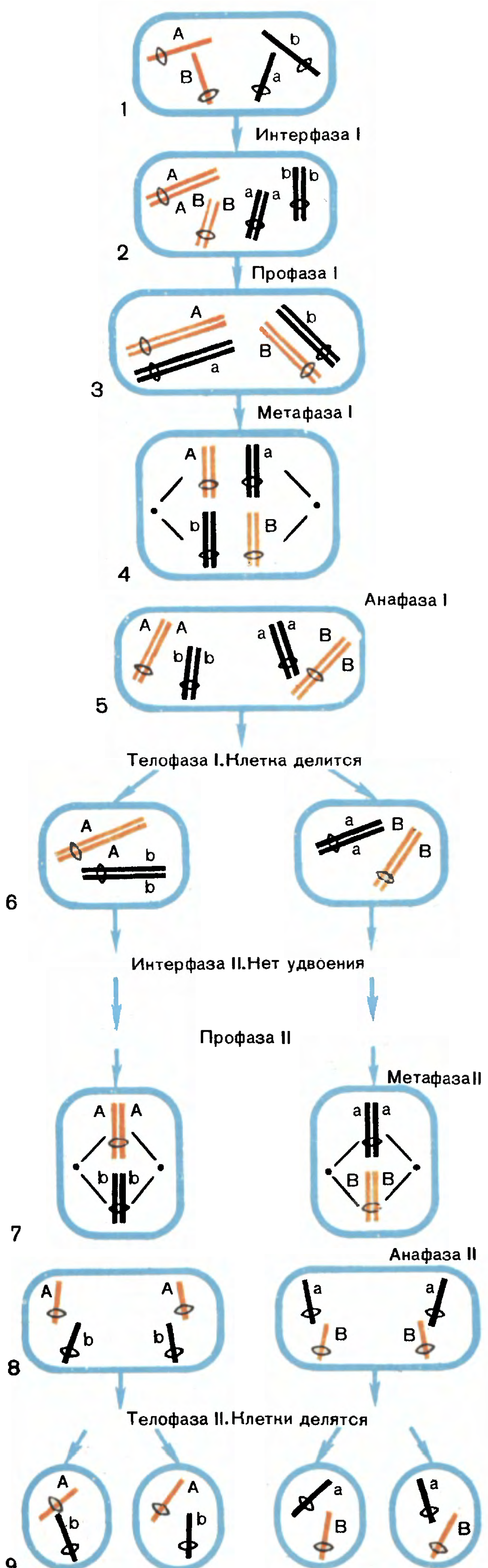


Рис. 1. Схема мейоза: 1 — исходная материнская клетка (2n, 2c); *2* — в интерфазе I происходит удвоение (редупликация) гомологичных хромосом (4c). Каждая хромосома состоит из двух хроматид; *3* — в профазе I происходит конъюгация (спаривание) гомологичных хромосом, образование бивалентов; *4* — в метафазе I на экваторе клетки выстраиваются биваленты, образуется веретено деления; *5* — в анафазе I гомологичные хромосомы расходятся к разным полюсам клетки; *6* — дочерние клетки после первого деления. В каждой клетке есть только одна из пары гомологичных хромосом (2c) — редукция числа хромосом; *7* — в метафазе II на экваторе клеток выстраиваются хромосомы, состоящие из двух хроматид; *8* — в анафазе II к полюсам клеток отходят хроматиды; *9* — дочерние клетки после второго деления, в каждой клетке набор хромосом уменьшается вдвое (n, c).

митоз. В метафазе II хромосомы, состоящие из двух хроматид, выстраиваются на экваторе клетки. В анафазе II к полюсам расходятся хроматиды. В телофазе II обе клетки делятся. Установлено, что существует прямая зависимость между набором хромосом в *ядре* (2 n или n) и количеством ДНК в нем (обозначаемом буквой С). В диплоидной клетке ДНК вдвое больше (2С), чем в гаплоидной (С). В интерфазе I диплоидной клетки перед подготовкой ее к делению происходит репликация ДНК, ее количество удваивается и становится равным 4С. После первого деления количество ДНК в дочерних клетках уменьшается до 2С, после второго деления — до 1С, что соответствует гаплоидному набору хромосом.

Биологический смысл мейоза заключается в следующем. Прежде всего, в ряду поколений сохраняется набор хромосом, свойственный данному виду, так как при оплодотворении сливаются гаплоидные гаметы и восстанавливается диплоидный набор хромосом.

Кроме того, в мейозе происходят процессы, обеспечивающие осуществление основных законов *наследственности:* во-первых, благодаря конъюгации и обязательному последующему расхождению гомологичных хромосом осуществляется закон чистоты гамет — в каждую гамету попадает только одна хромосома от пары гомологов и, следовательно, только один *аллель* от пары — А или а, В или в.

Во-вторых, случайное расхождение негомологичных хромосом в первом делении обеспечивает независимое наследование признаков, контролируемых *генами,* расположенными в разных хромосомах, и приводит к образованию новых комбинаций хромосом и генов (рис. 2).

В-третьих, гены, расположенные в одной хромосоме, проявляют сцепленное наследование. Однако они могут комбинироваться и образовывать новые комбинации генов в результате кроссинговера — обмена участками между гомологичными хромосомами, который осуществляется при их конъюгации в профазе первого деления (рис. *3*).

Таким образом, можно выделить два механизма образования новых комбинаций (генетической рекомбинации) в мейозе: случайное расхождение негомологичных хромосом и кроссинговер.

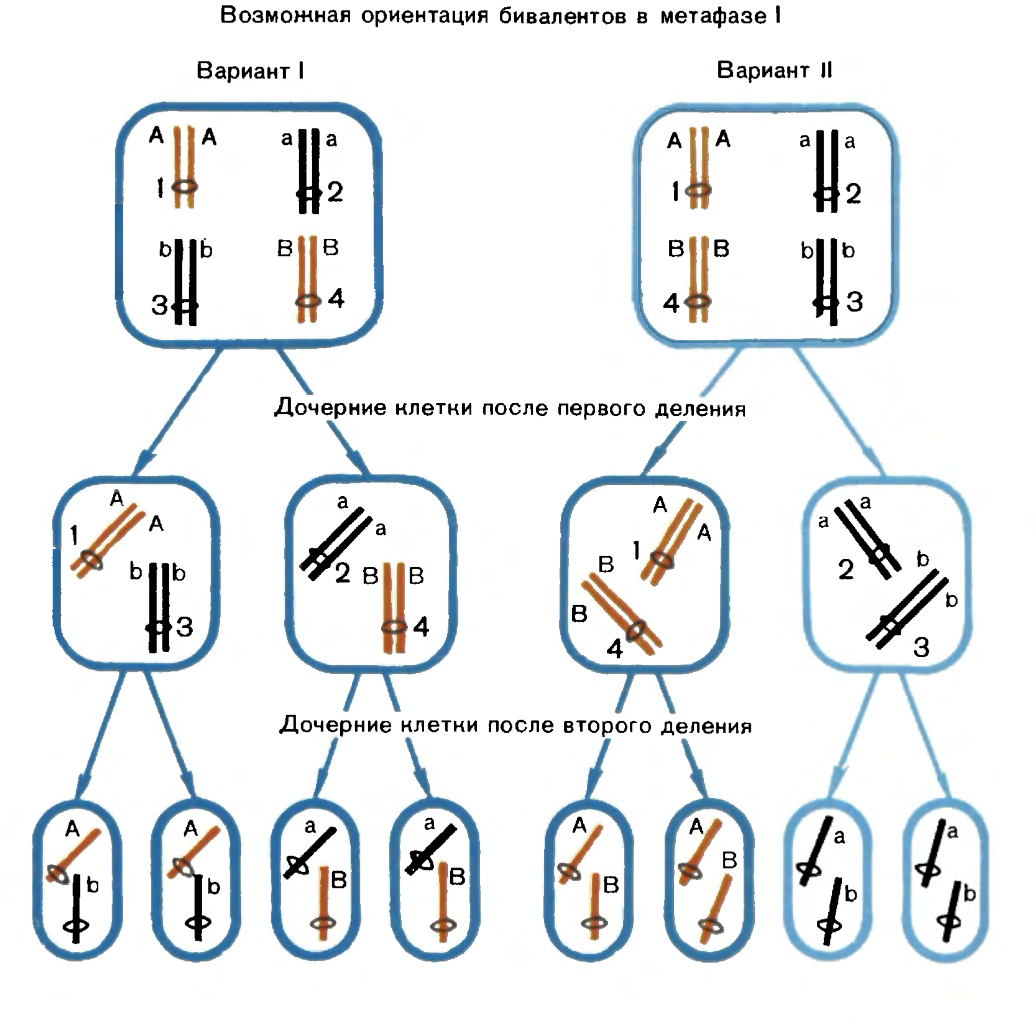


Рис. 2. Генетическая рекомбинация при случайном расхождении негомологичных хромосом. Осуществление независимого наследования. Поскольку вероятности ориентации I и II вариантов одинаковы, гены A и B распределяются случайно, независимо друг от друга. С равной вероятностью образуется 4 сорта гамет: AB, Aв, aB, aв. Это обеспечивает при случайном оплодотворении независимое наследование признаков, контролируемых генами, расположенными в разных хромосомах. Цифрами обозначены центромеры хромосом.

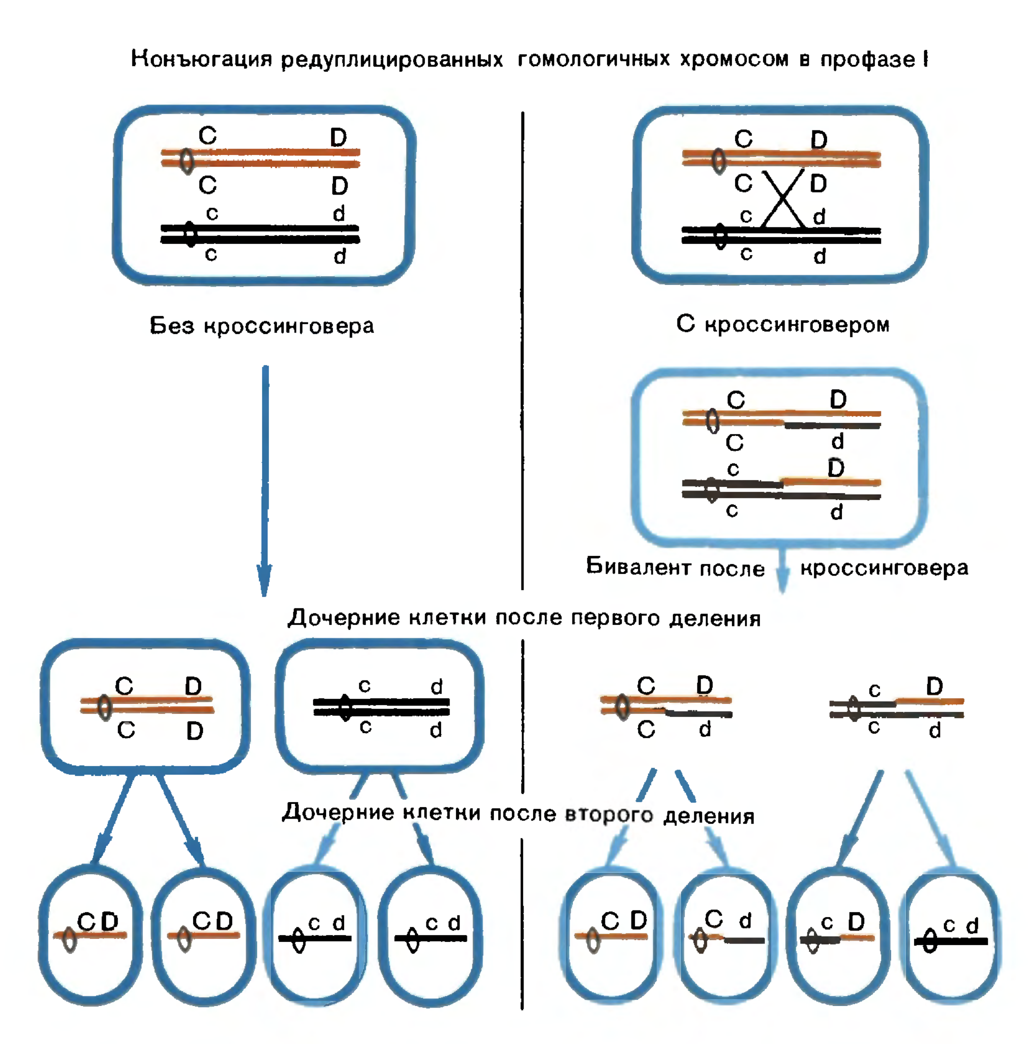


Рис. 3. Генетическая рекомбинация при мейотическом кроссинговере. Из схемы видно, что гены C и D передаются вместе (сцепленно) в тех же сочетаниях, какие были в родительских клетках — CD и cd (некроссоверные гаметы). В части клеток, в которых прошел кроссинговер между генами C и D, образуются новые сочетания генов, отличные от родительских — Cd и cd (кроссоверные гаметы).

МЕМБРАНЫ КЛЕТОК

Если можно было бы *клетку*, как заводную игрушку, разобрать на составные части и разложить их на столе, то больше всего места заняли бы мембраны (от латинского слова membrana — перепонка) — тоненькие, около 10 нм в толщину, белково-липидные пленки, разделяющие в клетке разные отсеки и покрывающие ее снаружи. В шестиграммовой печени мыши, например, умещается несколько квадратных метров мембран! Роль мембран в жизни клетки исключительно важна. В чем же она заключается? Расскажем об этом на примере животной клетки.

Ядро ее отделено от остальной цитоплазмы двумя мембранами. Как и в других случаях, мембрана играет здесь двоякую роль. Она отгораживает ядерное пространство, не допуская проникновения туда других органоидов клетки и очень больших молекул *белков*. В то же время в ядро легко проникают низкомолекулярные вещества, а также многие белки, в первую очередь ядерные, которые синтезируются в цитоплазме, а функционируют в ядре. В обратном направлении ядерная оболочка должна пропускать через себя РНК и другие вещества, которые синтезируются в ядре и направляются в цитоплазму для управления различными химическими реакциями. Как ядерные мембраны это делают, не совсем еще ясно. В электронный микроскоп в ядерной мембране видны отверстия 40—100 нм, закрытые сложно устроенными крышечками, которые состоят из белков. Вся структура называется ядерной по́рой. Вероятно, эти поры и пропускают различные молекулы из ядра в цитоплазму и обратно.

Внешняя мембрана ядер непрерывно переходит в мембранную *эндоплазматическую сеть* — разветвленную систему замкнутых мешочков и канальцев. На внешней стороне этих мембран методом электронной микроскопии обнаружили целый ковер частичек размером около 20—25 нм. Такие мембраны называются шероховатыми в противоположность гладким участкам мембранной сети, на которых частичек нет. Частички эти — *рибосомы* — место синтеза белков. У большинства клеток поэтому синтез белка происходит преимущественно на поверхности шероховатой эндоплазматической сети. На мембранах этой сети происходит образование и второго важнейшего составляющего мембран — *липидов*. Здесь же оба компонента собираются в блоки, из которых потом строятся различные клеточные мембраны. Однако, прежде чем попасть на место назначения, продукция эндоплазматической сети накапливается и «дорабатывается» в *аппарате Гольджи*.

Замечательны мембраны *митохондрий*, снабжающих клетку энергией. Как и ядро, митохондрии окружены двумя мембранами. Во внутреннюю вмонтированы фрагменты так называемой дыхательной цепи — главной системы превращения энергии. Выработанная энергия запасается тоже на мембранах в виде разности потенциалов. При этом возникает электрическое поле напряженностью 200 тыс. В/см, как в современных ускорителях! Но, вероятно, главную роль в клетке играет наружная мембрана, которая покрывает всю поверхность клетки, так называемая плазматическая. Она устроена очень сложно.

В клетке постоянно идет множество химических реакций. Одни их продукты используются внутри клетки, а другие выводятся наружу. Именно плазматическая мембрана различает эти продукты. Кроме того, чтобы химические реакции в клетках не останавливались, требуется приток все новых и новых веществ. Пропускает их в клетку та же мембрана, четко отличая нужные вещества от ненужных. Но дело не только в том, чтобы отличить нужные вещества, а и в том, чтобы «заставить» их идти в клетку, где их и без того больше, чем снаружи. Для этого необходимо затратить энергию. Клеточная мембрана способна осуществлять такой активный перенос.

Важно не только обеспечить клетку необходимыми веществами, но и создать подходящие условия для их превращений. Если плазматическая мембрана хоть на мгновение исчезнет, клетка останется не защищенной от воздействия внешней среды и большинство химических реакций в ней остановится. Это произойдет потому, что солевой состав наружной среды отличается от внутриклеточного. Так, в клетке ионов калия в сотни раз больше, а ионов натрия в сотни раз меньше, чем снаружи. «Выкачивает» натрий и «накачивает» калий с помощью *ферментов* и с затратой энергии АТФ тоже плазматическая мембрана.

Чтобы многоклеточный организм нормально функционировал, каждая его клетка должна воспринимать и выполнять общие приказы. Такие приказы могут поступать, например, в виде молекул *гормонов*. Многие гормоны улавливаются специальными белками — рецепторами клеточной мембраны, и от них уже передаются внутрь клеток соответствующие команды.

Существование любого многоклеточного организма зависит от способности клеточных мембран «узнавать» другие клетки, соединяться с их поверхностью и образовывать упорядоченные структуры — *ткани* и *органы*. Если клетки соединяются беспорядочно, разрастаются во все стороны, то возникают опухоли. Наконец, вдоль плазматических мембран нервных клеток и их отростков передаются сигналы в мозг и из мозга.

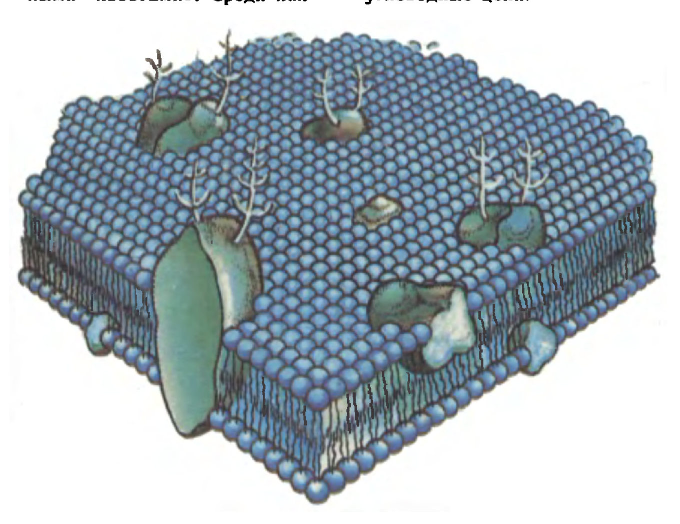


Схема строения клеточной мембраны. Основу ее составляют 2 слоя фосфолипидов с жирными «хвостами». Среди них плавают белки, некоторые из них (гликопротеиды) несут углеводные цепи.

Принципы действия мембран невозможно понять, не зная их устройства. В начале века полагали, что мембрана — это тонкий слой липидов. Такая точка зрения была подкреплена в 1926 г. экспериментально, когда выяснилось, что у клеток *крови* — эритроцитов (практически не имеющих внутренних мембран) липидов ровно столько, сколько нужно, чтобы покрыть клетки слоем толщиной в две молекулы. Однако вскоре выяснилось, что расчеты не вполне точны. Действительно, в мембранах обнаружили много белков. Добавление белков к двойному липидному слою делает его и по физическим свойствам более похожим на настоящие мембраны. В мембранах есть еще и *углеводы,* но их меньше, чем белков и липидов. Углеводы соединены с молекулами последних.

Когда это выяснили, возник вопрос: а как упакованы молекулы в мембране? Эта задача решается уже 50 лет, и ответ еще окончательно не найден. Было предложено много моделей клеточных мембран. Думали, что белки лежат на липидном слое (бутербродная модель). Предполагали, что мембраны сотканы из молекул липидов вперемешку с белками (модель ковра). Пытались построить модель, в которой целые белковые комплексы в виде шаров частично погружены в липидный слой (мозаичная модель). Сегодня наиболее правдоподобной кажется модель, изображенная на рисунке. Отдельные белковые или белково-углеводные молекулы плавают, как айсберги, в жидком липидном море: одни — по поверхности, другие погружены глубже, а третьи пронизывают липидный слой насквозь.

Такое устройство хорошо согласуется и с данными измерений. Липиды в мембране действительно быстро перемешиваются: соседние молекулы меняются местами за 10^{-7} с. Двигаются и белки, но медленнее. При слиянии двух клеток их мембранные молекулы перемешиваются. Некоторые белки могут при определенных условиях собираться на одном конце клетки. Такая динамичность позволяет клетке быстро удалять с поверхности прикрепившиеся вещества, например гормоны, подготавливая ее к приему новых молекул.

На рисунке изображена усредненная мембрана. Соотношение липидов и белков в каждом случае может быть иным. Белки во многом определяют специализацию мембраны.

Чем дольше изучают мембрану, тем более сложной она представляется. До сих пор неизвестны важные детали работы ионных каналов, рецепции гормонов, образования разности потенциалов на мембранах митохондрий, механизмы соединения клеток друг с другом.

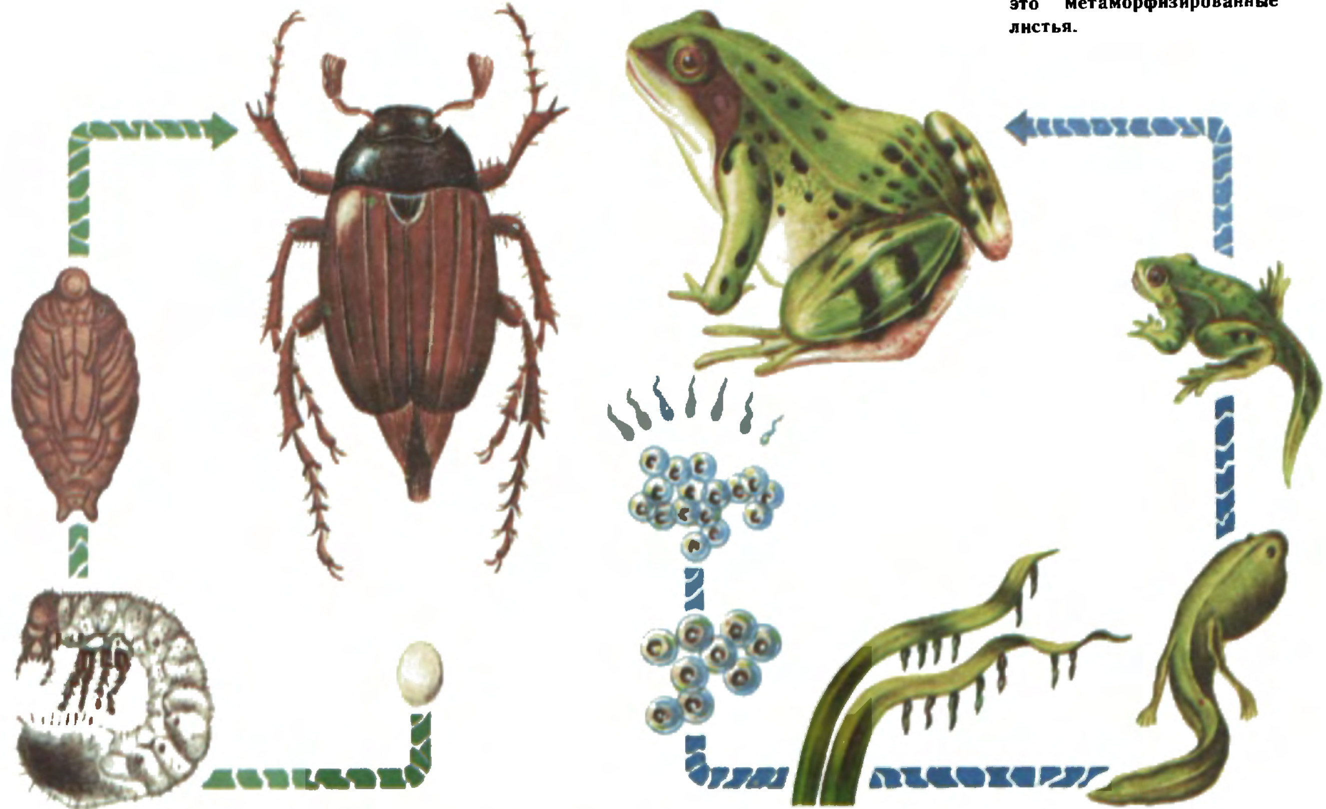
МЕТАМОРФОЗ

Метаморфозом (от греческого слова metamorphosis — превращение) у растений называют преобразование их основных органов — корня, стебля и листьев. В процессе *эволюции,* приспособления организмов к изменяющимся условиям существования эти органы иногда очень сильно видоизменяются. Например, все части цветка — его лепестки, чашелистики, тычинки и пестик — представляют собой метаморфизированные листья. Из листьев образуются и ловчие органы насекомоядных растений, в которые попадают насекомые и другие мелкие животные: «капкан» венериной мухоловки, ловчий кувшин азиатских кувшиночников.

Сходные по внешнему виду образования могут возникать из разных органов (см. *Аналогия).* Так, колючки кактуса образовались из листьев, а колючки боярышника и терновника — из части побегов. У бобовых растений усики — видоизмененные листья, у винограда — часть соцветий. Все корнеплоды — морковь, петрушка, репа, свекла — результат метаморфоза корня, служащего вместилищем запасных питательных веществ (собственно корнем у них является лишь нижняя часть с отходящими от нее боковыми корнями).

У животных метаморфозом называются глубокие преобразования строения организма в течение индивидуального развития (см. *Онтогенез).* Обычно они связаны с резкой сменой условий существования, например с переходом от водного к воздушному или наземному образу жизни. Такой метаморфоз можно наблюдать при развитии лягушки. Из яйца (икринки) вылупляется обитающая в воде личинка — головастик. Длительное время он растет. Но затем во время метаморфоза он утрачивает личиночные органы (жабры, длинный хвост, роговые зубы) и приобретает органы, характерные для взрослого животного

Метаморфоз у животных. *Слева* — **метаморфоз у майского жука: из оплодотворенного яйца в почве развивается личинка, постепенно превращающаяся в куколку, из которой появляется взрослое насекомое.** *Справа* — **метаморфоз у лягушки: из оплодотворенной икры развиваются личинки-головастики, которые постепенно превращаются в лягушек.**
Внизу — **у кактуса колючки — это метаморфизированные листья.**





(легкие, задние и передние конечности, костные зубы, в 6—8 раз уменьшается длина кишечника). Лягушонок выходит на сушу еще с остатками хвоста, но вскоре приобретает облик взрослой лягушки. Метаморфоз головастика вызывается *гормонами* щитовидной железы.

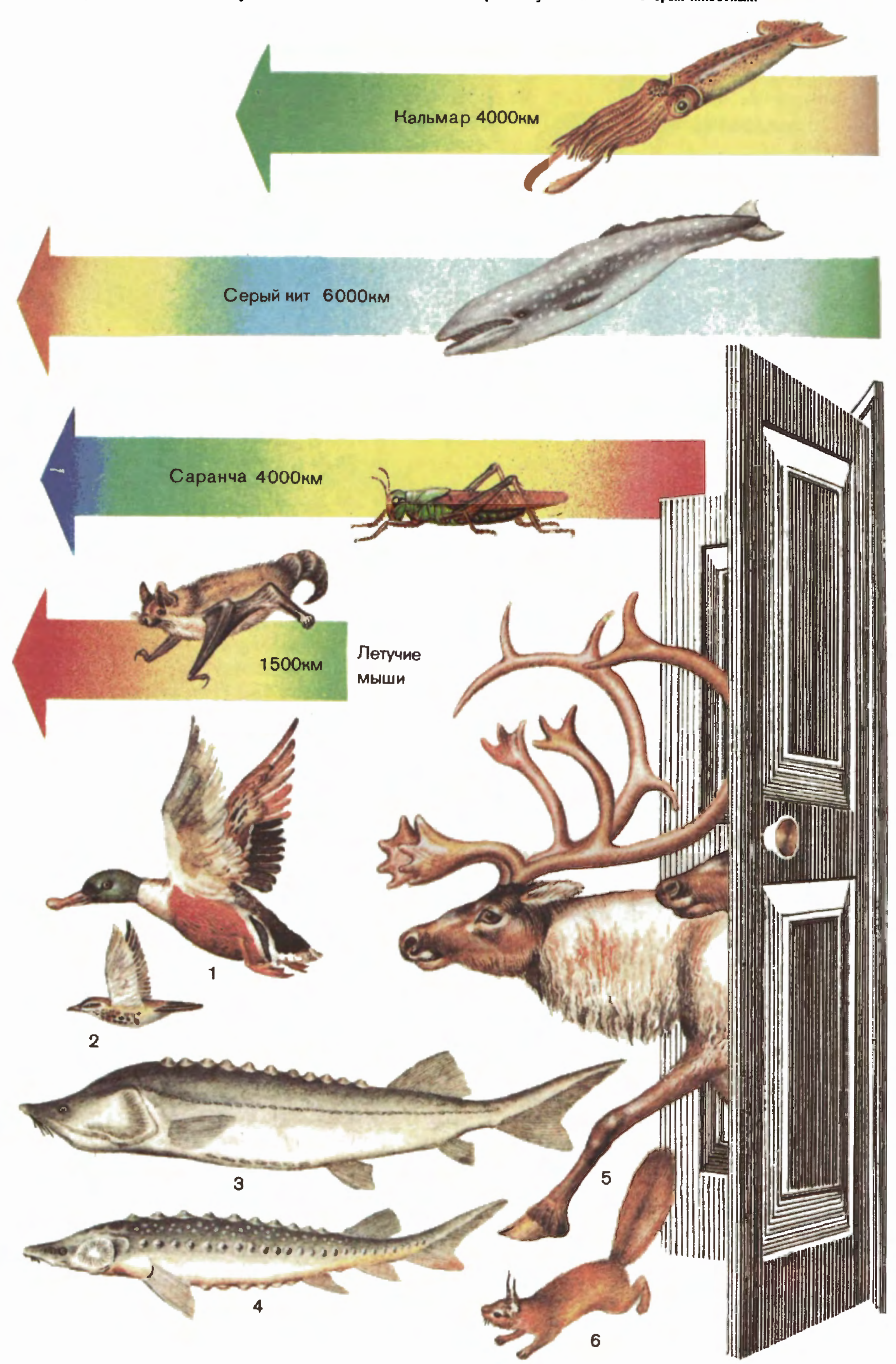
В процессе развития многих насекомых — бабочек, жуков, комаров, мух — последовательно сменяются формы, совсем не похожие одна на другую: из яйца вылупляется червеобразная личинка (у бабочек ее называют гусеницей), которая не имеет наружных зачатков крыльев. Она ползает, много ест, многократно линяет (см. *Линька)* и быстро растет. С последней линькой начинаются коренные преобразования личинки — ее метаморфоз: она становится куколкой, которая не питается и ограничена в движениях. В куколке разрушаются личиночные структуры и образуются органы, свойственные взрослой форме. В результате появляется взрослое насекомое. Этот метаморфоз совершается под контролем гормона проторакальной железы (в переднегруди) — экдизона.

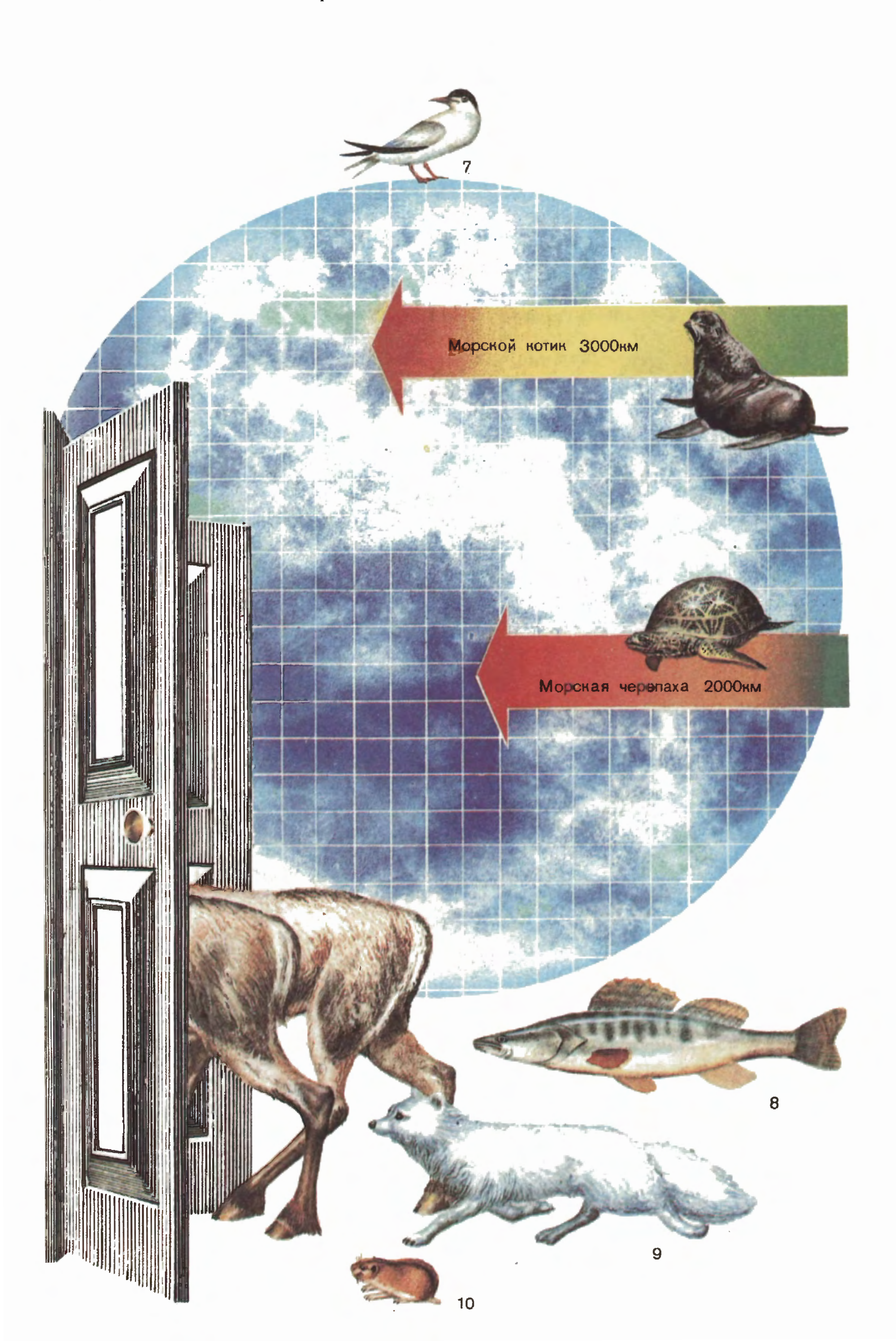
МИГРАЦИИ

Миграции (от латинского слова migratio — переселение) — перемещения животных на большие расстояния, вызванные изменением условий существования или связанные с размножением. Если миграция вызвана засухой, пожаром, наводнением или другим природным бедствием, ее называют нерегулярной. Такие перемещения не имеют определенного направления. В отличие от них регулярные миграции (сезонные, суточные) всегда направленны.

Из млекопитающих наибольшие миграции совершают некоторые китообразные и тюлени. Например, серый кит из мест размножения в лагунах Калифорнийского полуострова на лето ежегодно мигрирует в места нагула — Берингово и Чукотское моря. Северные морские котики, летом принесшие детенышей на Командорских островах, мигрируют на зиму в теплые воды у Японских островов и т. п. Некоторые виды летучих мышей совершают сезонные миграции протяженностью до 1500 км.

Животные, совершающие миграции: *1* — **кряквы;** *2* — **певчий дрозд;** *3* — **белуга;** *4* — **осетр;** *5* — **северный олень;** *6* — **белка;** *7* — **полярная крачка;** *8* — **судак;** *9* — **песец;** *10* — **сибирский, или обский, лемминг. На стрелках указана протяженность миграций некоторых животных.**




7
Морской котик 3000км
Морская черепаха 2000км
8
9
10

МИГРАЦИОННЫЕ ПУТИ ПОЛЯРНОЙ КРАЧКИ

СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА
Миссисипи
АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН
ЕВРАЗИЯ
Обь
Волга
АФРИКА
Нил
ЮЖНАЯ АМЕРИКА
Амазонка
ТИХИЙ ОКЕАН
ИНДИЙСКИЙ ОКЕАН

Места гнездовий

Направления миграций

Ученые, изучая миграции птиц, ловят их в специальные ловушки из сетей.



Наиболее протяженные миграции у птиц: полярные крачки гнездятся в Арктике, а зимуют в Антарктике (см. карту). Сезонные миграции — осенью на юг, весной на север — совершают большинство наших птиц. Для многих птиц характерны местные, недалекие миграции (кочевки) — на десятки или сотни километров, обычно связанные с поисками пищи. Из рептилий наиболее значительные миграции совершают морские черепахи, преодолевая порой несколько тысяч километров до мест размножения. Для многих змей и земноводных характерны миграции на места зимовок.

Так называемые анадромные миграции совершают проходные рыбы, которые кормятся в море, но для размножения поднимаются в реки (многие лососевые, осетровые). Катадромные миграции характерны для рыб, которые кормятся в реках, а размножаются в морях (речной угорь, некоторые бычки).

Известны миграции и у беспозвоночных: некоторые крупные бабочки (например, американская — монарх) и прямокрылые (саранча) во время повторяющихся не каждый год передвижений могут преодолевать пространства в несколько тысяч километров. Кальмары мигрируют на расстояния до 4000 км. Для всех животных *планктона* характерны суточные вертикальные миграции, достигающие порой многих сотен метров.

Регулярные передвижения животных на большие расстояния связаны с присущей таким видам способностью к навигации — точному определению направления движения. Многое здесь еще остается неизвестным, однако доказано, что животные способны ориентироваться по звездам, улавливать изменение магнитного поля Земли (птицы), находить дорогу на родину по изменению химизма водной среды (рыбы). В то же время само стремление к миграции определяется *инстинктом,* т. е. является наследственным свойством. Так, аисты, живущие в Западной Европе, мигрируют в Африку через Испанию, а в Восточной — через Турцию. Если яйца западных аистов перевезти на восток, аисты, которые из них выведутся, все равно полетят в Африку через Испанию, т. е. более длинным путем.

МИКРОТРУБОЧКИ

Микротрубочки — один из компонентов *цитоскелета.* Это цилиндрические структуры диаметром 22±2 нм и различной длины (от долей до сотен микрометров). Микротрубочки состоят в основном из одного *белка* — тубулина. Они хорошо видны в электронный микроскоп и могут быть выявлены, несмотря на свой малый диаметр, в световом микроскопе с помощью специального метода — иммунофлуоресценции.

Дело в том, что тубулины в *клетках* всех растений и животных сходны. Поэтому антитела (см. *Антиген и антитело*) к тубулину, полученному из мозга коров или свиней, будут «узнавать» микротрубочки в клетках практически любых организмов. Если к молекулам антител заранее химически присоединить маленькие молекулы светящихся при облучении сине-фиолетовыми лучами веществ — флуорохромы, то по распределению в клетках светящихся комплексов можно в микроскоп с флуоресцентной насадкой видеть расположение микротрубочек.

Микротрубочки образуют сеть в цитоплазме клеток, а во время деления формируют митотический аппарат (см. *Митоз*). Они входят в состав *центриолей и базальных телец; жгутиков и ресничек.* Цитоплазматические микротрубочки не стабильны, а находятся в динамическом равновесии с растворенным тубулином. В клетках животных и низших растений рост микротрубочек контролируется специальными структурами — центрами организации микротрубочек. У высших растений такие центры обнаружены только во время деления клеток.

Микротрубочки базальных телец служат затравками для роста микротрубочек ресничек и жгутиков, которые обеспечивают биение этих органоидов. Цитоплазматические микротрубочки участвуют наряду с другими компонентами цитоскелета в поддержании формы клеток, во внутриклеточном перемещении различных органоидов и частиц. В растительных клетках микротрубочки определяют направление волокон в клеточной стенке. Во время *митоза* они обеспечивают движение *хромосом.*

Кроме тубулина в состав микротрубочек входят в небольших количествах различные белки (в настоящее время их известно несколько десятков). Эти белки сильно различаются не только у разных видов животных и растений, но и в разных *тканях* одного организма. Предполагают, что эти белки обеспечивают специфические функции микротрубочек в различных клетках.

МИМИКРИЯ

Мимикрия (от греческого слова mimikos — подражательный) — один из видов покровительственной окраски и формы, а также *поведения животных.* Она состоит в том, что некоторые животные приобретают сходство с окружающими предметами, растениями, а также подражают другому виду, хорошо защищенному, обладающему, например, неприятным

Гусеницы дубовой пяденицы. *Внизу* — бабочка большая тополевая стеклянница и муха журчалка осовидная (на цветке); ядовитая бабочка геликонида (более крупная) и подражающая ей бабочка белянка.



вкусом, запахом, или ядовитому. Мимикрию легко объяснить с позиции дарвиновской теории *естественного отбора*. Если, например, съедобное и беззащитное животное хотя бы незначительно похоже на вид, который хищники избегают, отбор будет сохранять в *популяции* все изменения, усиливающие это сходство.

В джунглях Амазонки в стаях несъедобных для птиц бабочек геликонид летают очень на



них похожие, но вполне съедобные бабочки из семейства белянок. Иногда подражают по окраске несъедобным формам только самки, более ценные для размножения популяции (бабочки махаоны). Часто мухи, бабочки и даже жуки подражают осам, пчелам и шмелям. В Далмации обитающие под камнями мокрица



Насекомые палочники. *Внизу* — бабочки каллимы со сложенными крыльями и южноамериканский кузнечик.



и многоножка подражают по окраске ядовитому пауку — каракурту.

С окружающей гнездо галькой сливаются своей окраской и формой яйца зуйка, кулика-сороки. Рыбы морской конек и морская игла почти неразличимы в водорослях. Удивительно схожи с сучками гусеницы пядениц и особенно палочники. Многие древесные жуки окраской и рисунком сливаются с корой дерева.



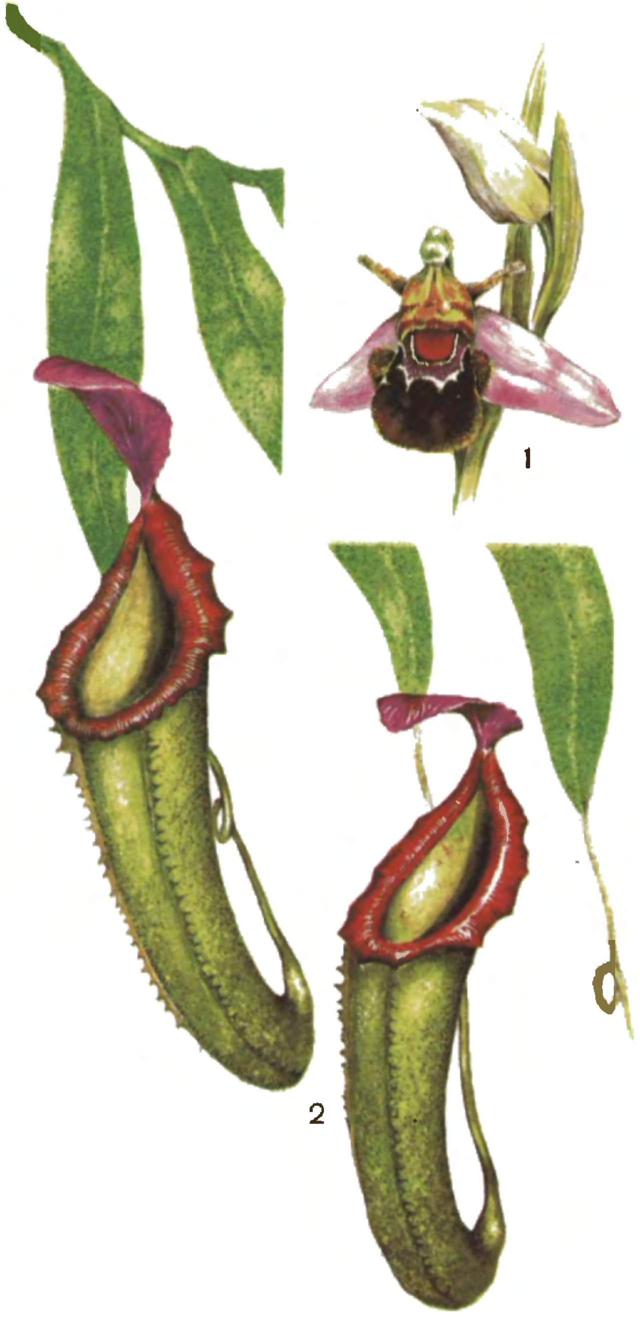
Гусеница и кузнечик сливаются с зеленым растением. Паук, подражающий цветку (*внизу*), охотится за насекомыми, но шмель — слишком крупная добыча.

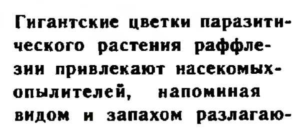
Мимикрия у растений: *1* — орхидея, подражающая пчеле; *2* — ловчие кувшины у насекомоядного растения непентеса напоминают цветки, привлекающие насекомых.

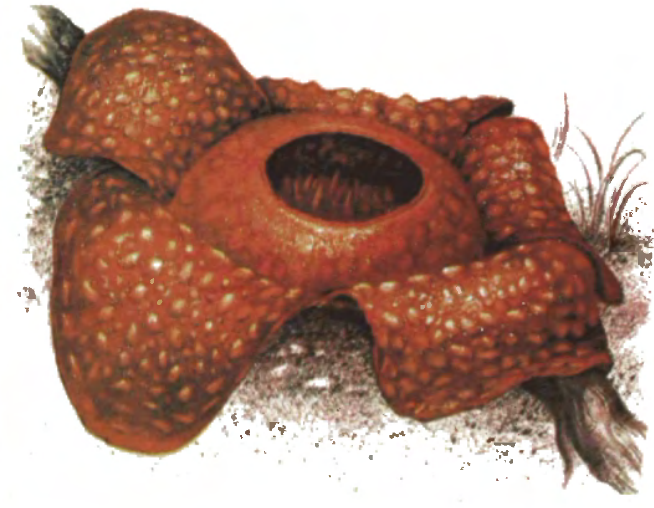






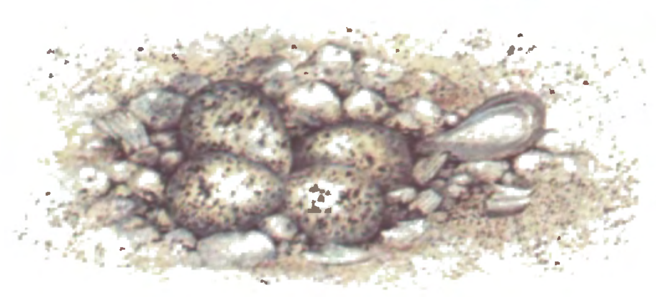



Гигантские цветки паразитического растения раффлезии привлекают насекомых-опылителей, напоминая видом и запахом разлагаю-





Золотистая ржанка на гнезде сливается с окружающим фоном.



Яйца кулика галстучника почти не заметны среди гальки.

Подобных примеров можно привести много.

Некоторые животные с помощью мимикрии добывают себе пищу. Есть небольшие тропические рыбы из разных семейств, так называемые чистильщики, основная пища которых — паразиты, сидящие на коже, плавниках и жабрах крупных рыб (мурен, морских судаков). Покрытая паразитами рыба охотно подставляет свои бока чистильщикам. Этим пользуются другие рыбы, не трогающие паразитов, но выкусывающие у их хозяев кусочки кожи. Так ведут себя морские собачки, удивительно похожие по окраске и поведению на чистильщиков — губанов.

Встречается и звуковая мимикрия. Мухи, подражающие пчелам окраской, часто жужжат в полете, как пчелы; если у этих мух надрезать крылья, чтобы жужжание изменило тон, жабы перестают их остерегаться и начинают хватать. Пример звуковой мимикрии описан известным путешественником и ученым В. К. Арсеньевым в книге «В дебрях Уссурийского края»: уссурийский тигр во время гона оленей довольно точно подражает призывному крику самца изюбра.

Мимикрия наблюдается и у растений, только она обычно касается отдельных органов, а не всего организма в целом, как у животных. Например, цветки некоторых орхидей похожи на самок шмелей и одиночных пчел не только окраской, но и запахом. Привлеченные им самцы садятся на орхидеи и в результате переносят пыльцу с цветка на цветок. Самый крупный цветок на Земле — раффлезия пахнет падалью, и его опыляют мухи, пытающиеся отложить на цветок яички. Ловчие органы некоторых насекомоядных растений напоминают яркие цветки, привлекающие насекомых. Своеобразная мимикрия у семян многих сорных растений, сходных с семенами культурных растений своими аэродинамическими свойствами. Здесь отбор производился веялками, с помощью которых человек отбирал семена для посева.

Наконец, известна и мимикрия на молекулярном уровне. Так, оболочечные белки болезнетворных *бактерий* и *вирусов* в результате отбора становятся настолько похожими на белки хозяина, что антитела (см. *Антиген и антитело*) хозяина перестают их «замечать».

Морской конек-тряпичник хорошо замаскирован под водную растительность.



МИТОЗ

Митоз (от греческого слова mitos — нить), кариокинез — основной способ деления *ядер клеток*.

В большинстве случаев за митозом следует без задержки деление всей клетки — цитотомия, но иногда ее нет, и тогда в результате последовательных митозов образуются дву- и многоядерные клетки. Митозом часто называют деление клетки целиком.

Митоз обеспечивает равномерное распределение удвоенного генетического материала в два дочерних ядра из одного материнского. Удвоение генетического материала ядра — *хромосом* — происходит задолго до митоза, в S-периоде интерфазы (см. *Клеточный цикл*).

Началом митоза принято считать момент, когда начинается конденсация хромосом в ядре. В это время хромосомы становятся различимы в световой микроскоп (до митоза, в интерфазе, в ядре можно видеть различным образом распределенный материал хромосом — хроматин, но различить отдельные хромосомы как обособленные структуры нельзя). Параллельно в клетке начинает формироваться митотический аппарат (ахроматиновая фигура), состоящий из полярных телец — центросом и *микротрубочек*. Ядерная оболочка остается пока целой, содержимое ядра и цитоплазмы не перемешивается. Эта первая стадия митоза называется профазой.

На следующей стадии — в прометафазе — сначала разрушается ядерная оболочка. Ядерный сок и цитоплазма смешиваются; хромосомы начинают двигаться; ядрышко исчезает (точнее, часть вещества ядрышка входит в состав хромосом и переносится с ними в дочерние ядра). Центросомы расходятся, растущие от них микротрубочки вступают в контакт с хромосомами; митотический аппарат приобретает форму веретена.

На третьей стадии — в метафазе — в результате неупорядоченных на первый взгляд движений хромосомы выстраиваются в одной равноудаленной от центросом плоскости, образуя метафазную пластинку, или звезду. Теперь хромосомы прочно закреплены в митотическом аппарате. У большинства организмов они закрепляются не по всей длине, а в одном специальном участке — центромере (первичной перетяжке). На ней еще в начале митоза образуется пара специальных бляшек — кинетохоров. Каждый кинетохор с одной стороны скреплен с хромосомой, а с другой от него отходит пучок микротрубочек (кинетохорная нить). В метафазе пучки кинетохорных микротрубочек располагаются параллельно микротрубочкам, идущим от центросом (полюсов веретена). Пара кинетохоров на одной хромосоме направлена к противоположным полюсам.

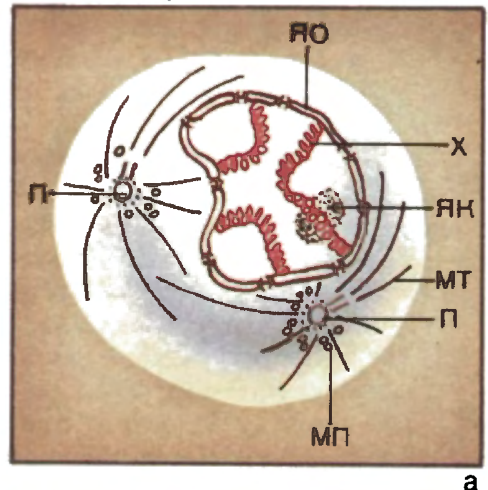
В первой половине митоза каждая хромосома клетки двойная. Она состоит из двух идентичных копий — хроматид. По одной хроматиде для каждого дочернего ядра. Две хроматиды соединены в начале митоза в области центромеры, и от кинетохоров к обоим полюсам веретена тянутся пучки микротрубочек.

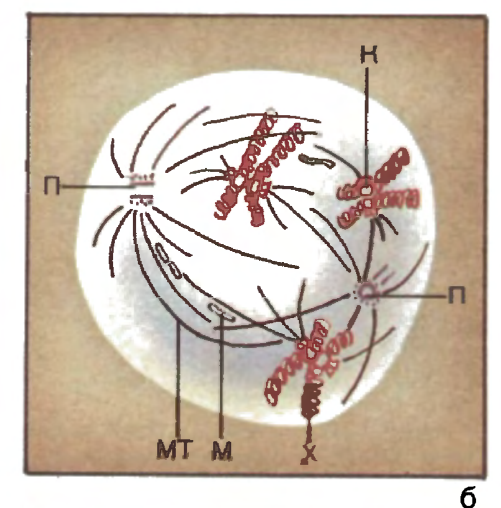
Ключевой момент митоза — его четвертая стадия, или анафаза. В анафазе две хроматиды каждой хромосомы одновременно разъединяются и расходятся к полюсам веретена. Хромосомы движутся кинетохором вперед, их плечи отклоняются назад. Вскоре после начала расхождения хромосом начинают расходиться и полюсы веретена. В результате веретено деления в анафазе удлиняется (у некоторых низших организмов в 2—3 раза). Движение хромосом происходит строго одновременно и очень медленно — со скоростью 0,2—2 мкм/мин. При наблюдении за живыми клетками в микроскоп видно, что скорость движения хромосом примерно такая же, как у кончика минутной стрелки больших настенных часов.

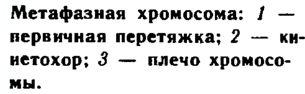
Механизм расхождения хромосом в анафазе сложен и понятен в настоящее время только в общих чертах. Можно с уверенностью сказать, что он связан с микротрубочками веретена, так как любое повреждение их блокирует расхождение хромосом. Известна сила, прикладываемая митотическим аппаратом к кинетохору, — она примерно в 1000 раз больше той, которой хватило бы, чтобы двигать хромосомы через среду с вязкостью, близкой к внутриклеточной. Кинетохорная нить в мета- и анафазе нерастяжима, но и не упруга — ее можно уподобить тонкому стальному тросику. По мере движения хромосом веретена нити укорачиваются, но, как это происходит, до сих пор неясно. Очевидно, движение хромосом обеспечивается за счет скольжения одних микротрубочек (кинетохорных) по другим (полюсным), и механизм его похож на скольжение микротрубочек в *жгутиках и ресничках*.

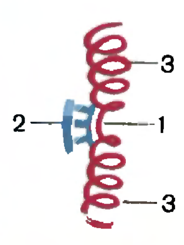
После пространственного обособления двух групп хромосом начинается реконструкция дочерних ядер, митотический аппарат распадается. Идет последняя стадия митоза — телофаза. Все процессы в телофазе напоминают прокручиваемую наоборот профазу: хромосомы разрыхляются, на них налипают фрагменты будущей ядерной оболочки, которые, сливаясь друг с другом, отделяют ядро от цитоплазмы. Возникают маленькие первичные ядрышки, они растут и сливаются в одно или несколько ядрышек интерфазной клетки. Микротрубочки митотического аппарата деполимеризуются, и из их материала в дальнейшем строятся микротрубочки интерфазной клетки. В телофазе перестраиваются и полюсы митотического аппарата. В клетках многоклеточных животных, где в состав центросом входят *центриоли*, перестройки сравнительно невелики. А в клет-

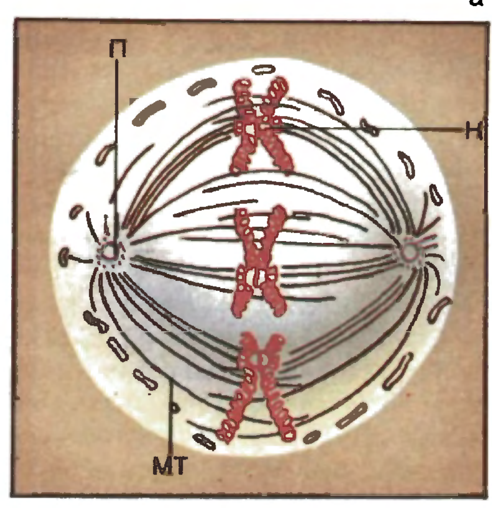
Схема митоза: *а* — профаза: *ЯО* — ядерная оболочка; *Х* — хромосомы; *ЯК* — ядрышко; *П* — полюса (пары центриолей); *МТ* — микротрубочки; *МП* — мембранные пузырьки. *б* — прометафаза: *М* — мембраны (остатки ядерной оболочки и эндоплазматическая сеть); *К* — кинетохоры хромосом. *в* — метафаза. *г* — анафаза. *д* — телофаза: *ОТ* — формирующееся остаточное тельце.

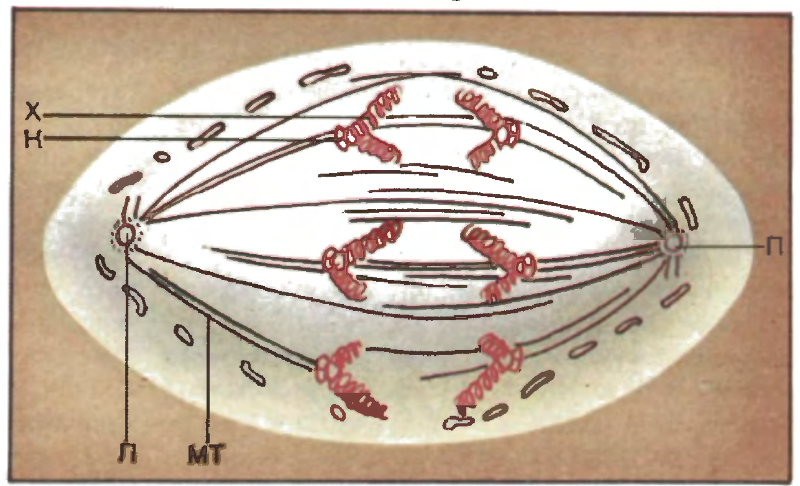


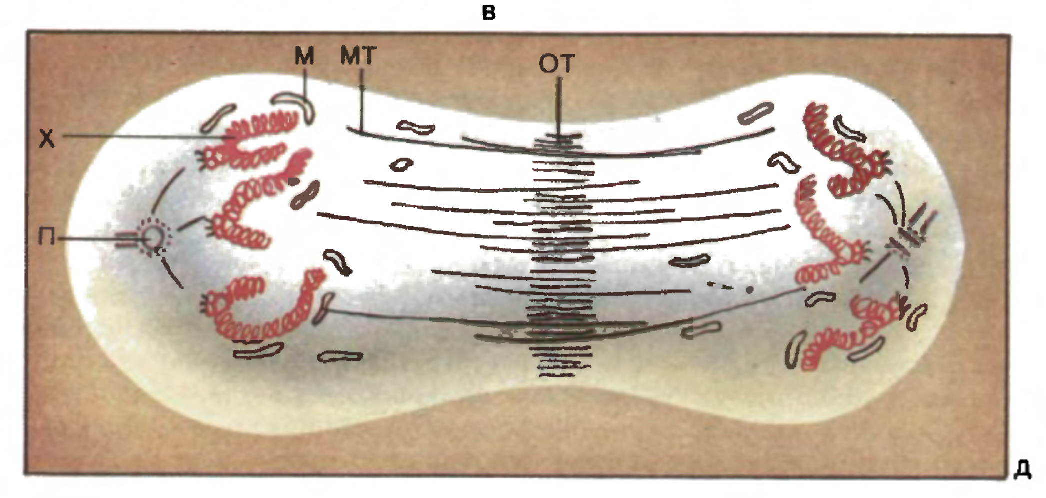



Метафазная хромосома: *1* — первичная перетяжка; *2* — кинетохор; *3* — плечо хромосомы.









ках простейших и высших растений после окончания митоза мы часто вообще не можем увидеть центросом — они вновь появятся только в начале следующего деления.

В жизни клетки митоз сравнительно недолог: в клетках млекопитающих он идет около 1 ч. Процесс расхождения хромосом к полюсам длится от 1 до 10 мин. Но митоз — это конечный этап большой подготовительной работы, которую клетка проделывает в интерфазе. Особенность митоза в том, что во время него ДНК, собранная в плотные хромосомы, не выполняет свою основную функцию матрицы для синтеза РНК. Снижается скорость и других синтетических процессов в клетке. Поэтому рост клетки заканчивается перед вступлением в митоз и возобновляется в дочерних клетках после конца деления. В результате подготовка к делению занимает у клеток от 8—10 до десятков часов.

Исключением является только дробление оплодотворенной яйцеклетки, когда митозы следуют друг за другом почти без перерыва. Такое возможно потому, что в яйцеклетке накоплено практически все необходимое на много делений вперед. В интерфазе при дроблении (она длится всего несколько десятков минут) происходит только удвоение хромосом

и полярных телец. Сами же клетки не растут и не выполняют в отличие от большинства клеток взрослого организма никаких специальных функций.

МИТОХОНДРИИ

Чтобы *клетки* выполняли разнообразные функции, им необходима энергия. Важный внутриклеточный источник энергии — молекулы АТФ (см. *Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)*. АТФ в основном образуется в специальных органоидах — митохондриях (от греческих слов mitos — нить и chondrion — зернышко, крупинка).

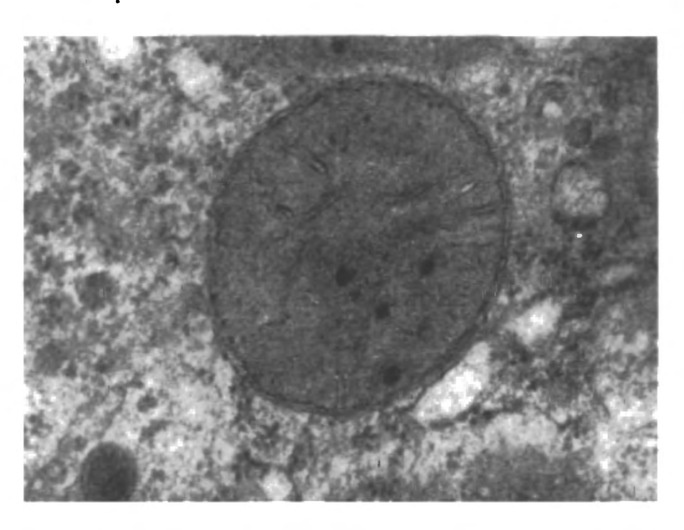
В световом микроскопе митохондрии имеют вид зернышек, палочек или тонких нитей. В одних типах клеток, например печени, около 1000 митохондрий, в больших ооцитах — до 300 тыс. Обычно диаметр митохондрии около 0,1—0,5 мкм, длина — от 1 до 10 мкм. Однако в клетках мышц диафрагмы крыс существует целая митохондриальная сеть (ее называют гигантской митохондрией).

Электронно-микроскопические исследования показали, что митохондрии ограничены двумя *мембранами* — наружной и внутренней. Наружная мембрана регулирует поступление веществ в митохондрию и их выведение из нее. Внутренняя мембрана образует складки (кристы), обращенные внутрь митохондрии. Внутри митохондрии находится так называемый матрикс, содержащий различные *ферменты,* ионы кальция и магния, ДНК и *рибосомы* митохондрий.

В матриксе митохондрий находятся ферменты цикла трикарбоновых кислот (цикла Кребса), а также ферменты, расщепляющие жирные кислоты. Участвующие в переносе электронов и в окислительном фосфорилировании ферменты в виде комплексов встроены во внутреннюю мембрану митохондрий (см. *Дыхание)*. В цикле Кребса высвобождаются молекулы CO_2 и ионы водорода. Ионы водорода и электроны переносятся по цепи переноса электронов и соединяются с кислородом, образуя воду. При этом из АДФ (аденозиндифосфорной кислоты) и неорганического фосфата образуются макроэргические молекулы АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты). Кроме того, в митохондриях происходит еще целый ряд химических реакций, в результате которых синтезируются нужные клетке низкомолекулярные соединения.

Число митохондрий в клетке непостоянно. Увеличение их числа может происходить за счет роста и фрагментации исходной митохондрии. Для роста митохондрий клетка использует *белки.* Одни из них синтезируются в самих митохондриях, другие же — в цитоплазме.

Митохондрия. Электронная микрофотография. Увеличение в 15 тыс. раз.



Наличие в митохондриях собственных ДНК и РНК привело к гипотезе о происхождении этих органоидов от прокариотических организмов, поселившихся в эукариотических клетках в качестве симбионтов.

МОДИФИКАЦИЯ

Модификацией называют ненаследственные изменения организма, его *фенотипа* под воздействием условий внешней среды. Например, растения одного и того же вида, выращиваемые в горах и на равнине, различаются размерами и формой. Реакции организма на непривычные для него воздействия бывают неприспособительными. Такие модификации называются морфозами. Изменение привычных для вида условий приводит к приспособительным модификациям: растения в засуху и осенью сбрасывают листья, хамелеоны и камбалы изменяют окраску в зависимости от фона окружающей среды, у тренированных спортсменов развиваются мышцы.

Хотя модификации считают ненаследственными, в *генотипе* заложена способность к их возникновению. Антилопа гну в условиях заповедника Аскания-Нова зимой обрастает густым подшерстком (адаптивная модификация на холод), а антилопа канна такой способности лишена. В *генотипе* могут быть заложены разные модификации фенотипа, и внешние условия диктуют, какую из них выбрать. Совокупность возможных для вида модификаций, вызываемых внешними условиями, называется нормой реакции.

Если условия среды обитания в течение многих поколений стабильны по модификационному фактору, нужда в изменениях отпадает.



У кроликов гималайской породы фермент тирозиназа, ответственный за синтез пигмента меланина, теряет активность при 37°C, поэтому обычно у них мех имеет темную окраску только на наиболее охлаждаемых участках тела — ушах, лапах, хвосте. Если такому кролику выбрить мех на спине, а затем прикладывать к выбритому месту пузырь со льдом, на этом месте вырастет темная шерсть.

Норма реакции сужается, и прежде модификационный признак становится нормой. Например, ультрафиолетовое солнечное излучение вызывает в коже человека интенсивный синтез *пигмента* меланина. Загар — это адаптивная модификация, он поглощает ультрафиолетовые лучи, способные вызывать *мутации* в *ядрах* клеток кожи. Но многие люди, чаще всего светлокожие блондины, не способны к этой модификации — на солнце они «сгорают». А вот негроиды, из поколения в поколение жившие под экваториальным солнцем, получают защитный меланиновый экран при рождении, им не нужно уже загорать, чтобы защититься от ультрафиолетовых лучей.

МОНИТОРИНГ

Мониторинг (от латинского слова monitor — напоминающий, надзирающий) — система наблюдения, оценки и прогноза состояния природной среды, изменения *биосферы* и ее отдельных регионов под влиянием человеческой деятельности. Мониторинг может быть локальным (в отдельном районе), глобальным (для всей планеты), абиотическим (геофизическим) и биологическим.

Биологический мониторинг включает наблюдения за состоянием здоровья человека (воз-

Модификация вызывает сезонную смену окраски у зайца-беляка, тундряной куропатки и других животных: зимой, когда покровы охлаждены, закладываются окрашенные волосы или перья, а летом наоборот. *На снимке:* тундряная куропатка в зимнем и летнем оперении.







Определение чистоты атмосферы на станции фонового мониторинга в Сары-Челекском биосферном заповеднике (Киргизская ССР).

действия на человека окружающей природной среды), состоянием хозяйственно важных биологических ресурсов (лес, промысловые рыбы, птицы, звери и т. п.), состоянием «критических» *популяций* или популяций-индикаторов, по которым можно установить степень специальных видов загрязнения (например, отсутствие лишайников говорит о комплексном загрязнении атмосферы) и т. п. Важное значение имеет генетический мониторинг — учет повреждений наследственного аппарата живых организмов. Его проводят на специальных тест-объектах — культурах микроорганизмов, лейкоцитах человека и др.

В настоящее время часто говорят об экологическом мониторинге как о единой системе наблюдений и прогноза, объединяющей геофизический и биологический мониторинг.

По методам ведения наблюдений выделяют дистанционный мониторинг (с помощью космических и авиационных средств). Различают также мониторинг атмосферы, океана, суши и мониторинг по отдельным источникам загрязнения — химический, микроволновой, шумовой, радиации и т. п., а также импактный мониторинг за особо загрязненными или угрожаемыми в том или ином отношении местностями.

Поиски эффективных и удобных методов биологического мониторинга — важная задача многих современных направлений *биологии*. Среди используемых методов — слежение за численностью отдельных видов и популяций, видовым составом сообществ, уровнем содержания загрязняющих веществ в различных *органах* и *тканях* живых организмов, изменением характеристик индивидуального развития и поведения животных, встречаемостью и частотой различного рода *мутаций* в генеративных (половых) и других клетках тела и пр.

В биологическом мониторинге важную роль играет система биосферных заповедников. Это всемирная система заповедных территорий, на которых по общим программам проводятся наблюдения за изменением определенных параметров среды.

В СССР мониторинг в общегосударственном масштабе проводит Государственный комитет по гидрометеорологии и наблюдению за качеством окружающей среды (Госкомгидромет), биологический мониторинг ведут различные научные биологические учреждения АН СССР и др.

МОНОФИЛИЯ

Монофилия (от греческих слов monos — один и phylon — род, племя) — эволюционное происхождение группы видов организмов от одного вида предка. При монофилии каждый вид имеет одного предка и каждая естественная группа (род, семейство и более высокие по рангу систематические единицы) происходит от одного вида-родоначальника. Исключение из этого правила — лишь возникновение видов путем *гибридизации*. Например, слива возникла как гибрид между терном и алычой, но оба родительских вида, очевидно, ведут начало от исходной формы всех косточковых розоцветных, так что общий предок в данном случае отодвигается в более далекое

прошлое. Такие случаи, когда эволюционные линии то разделяются, то смыкаются, называются сетчатой эволюцией.

Принцип монофилии нельзя понимать так, что новый вид обязательно происходит от одной особи или пары особей предкового вида. Предок во всех случаях — *популяция*, совокупность особей. Если бы человечество, например, происходило от одной пары обезьян, «обезьяньих Адама и Евы», мы не могли бы унаследовать от них *гены*, представленные несколькими формами — *аллелями*. А ведь аллели многих генов общие у человека, гориллы и шимпанзе. Следовательно, они уже были в популяции общего предка.

МУТАЦИИ

Мутация (от латинского слова mutatio — изменение) — наследственное изменение *генотипа*. Различают мутации: 1) геномные, когда в *ядре клетки* изменяется число *хромосом;* 2) хромосомные, при которых или изменяется последовательность *генов* внутри одной хромосомы (инверсия), или часть хромосомы теряется (делеция), или же хромосомы обмениваются частями или присоединяются друг к другу (транслокация). Хромосомные перестройки часто обнаруживаются при помощи оптического микроскопа; 3) точковые, или генные, когда изменяется структура самого гена, т. е. последовательности в нем нуклеотидов, образующих генетический текст. Наиболее часто при этом один нуклеотид заменяется другим, и после этого в белке, который кодируется таким геном, одна аминокислота заменяется другой.

В нормальных условиях частота возникновения мутаций в среднем не превышает 0,00001 на поколение, т. е. каждый ген изменяется один раз на 100 тыс. поколений или в каждом поколении у одной из 100 тыс. особей. Радиоактивное и ультрафиолетовое излучения, многие химические соединения (мутагены) повышают темп возникновения мутаций. Многие мелкие мутации практически не снижают жизнеспособности и плодовитости организма (нейтральные), другие приводят к смерти (летальные) или бесплодию. Но некоторые мутации в конкретных условиях оказываются полезными и сохраняются в следующих поколениях *естественным отбором* или же селекционером (см. *Селекция*). В *эволюции* особое значение имеют мутации генотипа половых клеток — *гамет.*

Мутации, возникающие в клетках организма с диплоидным набором хромосом (соматические), не наследуются, кроме случаев бесполого *размножения.*

МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА

Мышечная система — это совокупность мышц и мышечных пучков, объединенных обычно соединительной *тканью.* Она представлена гладкими мышцами внутренних полых *органов,* поперечнополосатыми скелетными мышцами и мышцей сердца.

Благодаря мышцам тело удерживается в равновесии и перемещается в пространстве, осуществляются дыхательные движения грудной клетки и диафрагмы, движение глаз, образование звуков, глотание, передвижение по внутренним полым органам их содержимого.

Эволюция животных была связана с совершенствованием моторных функций. Аппарат передвижения совершенствовался от амебоидного, ресничного и жгутикового до формирования мышечных клеток и возникновения мышечного движения (рис. 1, 2).

В ходе *эволюции* сначала развилась гладкая мышечная *ткань.* Она состоит из клеток веретенообразной формы. В такой клетке находятся *ядро, митохондрии, миофибриллы* — сократительные нити (рис. 3). Гладкая мышечная ткань образует стенки полых внутренних органов и иннервируется вегетативной *нервной системой,* которая обеспечивает медленные сокращения, что определяет высокую сопротивляемость к утомлению мышечных клеток, т. е. способность к выполнению длительной работы. Гладкие мышцы внутренних органов способны к самостоятельным автоматическим сокращениям, которые регулируются нервными клетками, находящимися в их стенках. Сокращения гладких мышц непроизвольные.

Позже появилась поперечнополосатая мы-



Многие мутации еще в эмбриональном периоде изменяют ход развития организма, приводя к недоразвитию или, наоборот, к удвоению органов. ***Слева*** **— нормальное крыло куриного эмбриона.** ***Справа*** **— крыло мутанта.**

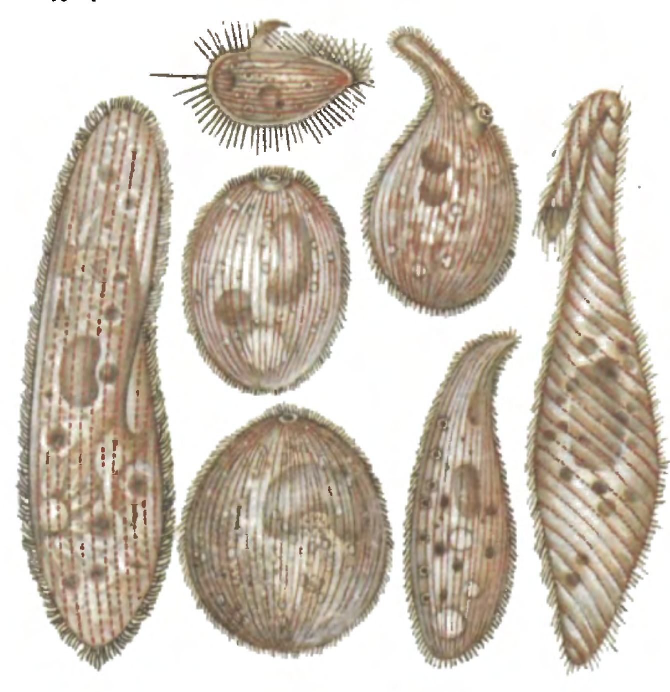


Рис. 1. Расположение сократительных нитей (ресничек) у инфузорий.

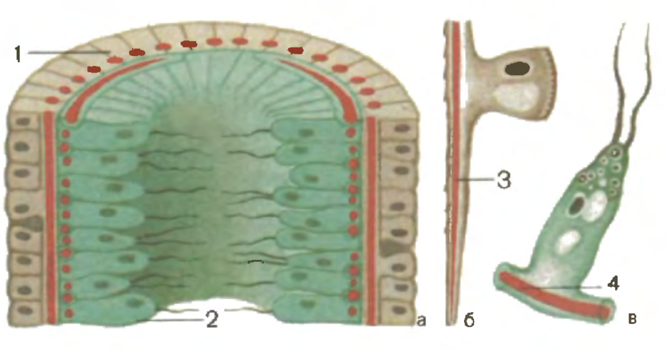


Рис. 2. Мышечная система гидры. а. Схема продольного разреза тела гидры: *1* — клетки эктодермального слоя; *2* — клетки энтодермального слоя. б. Эктодермальная эпителиально-мускульная клетка: *3* — мышечное волоконце (продольное расположение мышечного волоконца в клетке). в. Энтодермальная эпителиально-мускульная пищеварительная клетка: *4* — мышечное волоконце (поперечное расположение мышечного волоконца в клетке).

шечная ткань, которая образует скелетные мышцы. Кроме поперечнополосатой мышечной ткани в состав их входят плотная и рыхлая соединительные ткани. Мышцы обильно снабжены кровеносными сосудами и нервами. Поперечнополосатая мышечная ткань состоит из волокон, образованных путем слияния многих клеток (миобластов). Мышечное волокно имеет поперечную исчерченность (рис. 4, а). В саркоплазме его находятся сократительные образования — миофибриллы, в которых чередуются светлые и темные участки, или диски. Поперек светлых дисков проходит Z мембрана (рис. 4, б, в). Светлые и темные диски состоят из сократительных *белков:* светлые — из тонких актиновых нитей, а темные — из толстых нитей миозина. Тонкие нити располагаются между волокнами миозина и проходят через Z мембрану. Механизм мышечного сокращения — это своеобразное скольжение нитей миозина относительно нитей актина (рис. 5). Источником мышечного сокращения является энергия расщепления *аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).*

Поперечная исчерченность части миофибрилл встречается в мышцах асцидий, моллюсков, червей, но полного развития эта организация мышечной клетки достигает у насекомых и позвоночных. Такая мускулатура приспособлена к быстрым и мощным сокращениям, которые необходимы для бега, плавания, полета.

Каждая мышца, состоящая из множества мышечных волокон, имеет мышечное брюшко,

ТРЕНИРУЙТЕ СВОИ МЫШЦЫ



Отрицательно влияет на мышечную систему малоподвижный образ жизни. Он ведет к уменьшению диаметра и числа миофибрилл и окружности мышц, ухудшению эластичности сухожилий. В результате снижается сила, скорость, точность и экономичность движений, работоспособность и производительность труда, повышается утомляемость. Только при активном образе жизни и полноценном питании формируется сильный и здоровый организм.

Поэтому нужно систематически заниматься физическим трудом, физкультурой и спортом, туризмом. Особенно полезны быстрая ходьба, бег, велоспорт и гребля. Но следует помнить, что чрезмерные физические усилия могут привести к растяжению связок и сухожилий, распрямлению сводов стопы и болям в ногах при ходьбе и стоянии, образованию грыж, общему утомлению и резкому падению работоспособности организма.

Прежде чем начать тренировки, необходимо посоветоваться с врачом о режиме тренировок, допустимых весовых нагрузках и темпе их увеличения. При этом следует руководствоваться правилом «трех П»: постоянно, постепенно, посильно. Это значит: физическая нагрузка в ходе тренировок должна быть посильной, увеличиваться постепенно, а занятия необходимо проводить систематически, так как их положительные результаты исчезают через 3—6 мес бездеятельности. Особенно важны физические тренировки в процессе формирования мышечной системы, которая заканчивается к 16—18 годам и масса которой достигает в этом возрасте 40—44% массы тела.



Рис. 3. Гладкая мышечная ткань: *1* — **гладкая мышечная клетка;** *2* — **кровеносный капилляр;** *3* — **нервы;** *4* — **соединительная ткань;** *5* — **ядро.**

Рис. 4. Макро- и микроскопическое строение поперечнополосатой мышечной ткани. а. Поперечно-полосатое мышечное волокно: *1* — **участок мышечного волокна;** *2* — **участок миофибриллы. б. Схема строения миофибрилл. в. Схема строения участка миофибриллы:** *3* — **саркомер (участок миофибриллы, расположенный между пластинками Z).**

или тело, и сухожильные концы (рис. 6). Одним сухожильным концом мышца прикрепляется к одной кости — это головка мышцы, другим заканчивается, прикрепляясь к другой кости, — это хвост мышцы. Мышцы различают по характеру движений — сгибатели и разгибатели, приводящие и отводящие, вращающие, расширяющие, суживающие; по роду деятельности — мимические и жевательные мышцы головы; по направлению мышечных волокон выделяют мышцы с продольными, поперечными, косыми волокнами (рис. 7).

Иннервирует скелетные мышцы соматическая нервная система. Соматические нервы обеспечивают экстренные сокращения скелетной мускулатуры. Скелетные мышцы не обладают большой выносливостью и более приспособлены для быстрых и сильных, но относительно кратковременных сокращений.

Скелетные мышцы у женщин составляют 30—35% массы тела, у мужчин — 35—40%, у людей пожилого возраста — около 30%, у спортсменов — до 50% . У новорожденных масса всех мышц составляет 23% массы тела. К 16—18 годам мышечная масса человека достигает 40—44%.

В процессе эволюции позже других появляется сердечная мышца, образующая мышечный слой сердца (рис. 5). По строению сердечная мышца похожа на поперечнополосатую, но по выполняемой функции на гладкую мышеч-

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ПО РАБОТЕ МЫШЦ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В НЕРВНЫХ ЦЕНТРАХ



Скелетная мышца не может сокращаться сама. К ней должен поступить импульс из центральной *нервной системы.* Только тогда она включается в работу. Если нервный центр, регулирующий работу мышцы, возбужден, его нейроны, посылая нервные импульсы, возбуждают мышцу, и она сокращается. Если же происходит торможение, нейроны уменьшают или прекращают вовсе посылку нервных импульсов к мышце, и та расслабляется. Посмотрим, что произойдет, если нас попросят согнуть или разогнуть руку в локте.

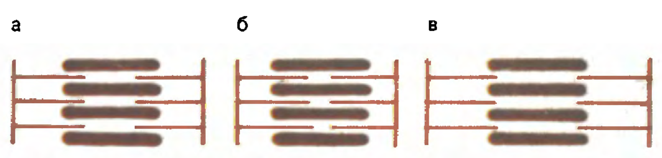
При сгибании центры, регулирующие работу двуглавой мышцы (бицепса), возбудятся, а центры, регулирующие работу трехглавой мышцы (трицепса), затормозятся. Вследствие этого бицепс приблизит предплечье к плечу, а трицепс расслабится и не будет препятствовать движению. При разгибании руки будут возбуждены центры трехглавой мышцы и, наоборот, заторможены центры двуглавой мышцы. Произойдет сокращение трехглавой мышцы и расслабление двуглавой мышцы. При движении костей в суставе выделяется суставная жидкость, которая уменьшает трение между суставной головкой локтевой кости и суставной ямкой плечевой кости, что облегчает движение.

Но что произойдет, если центры двуглавой и трехглавой мышц возбудятся одновременно? Тогда в состоянии сокращения окажутся и двуглавая и трехглавая мышцы. Хрящ суставной головки локтевой кости вдавится в хрящ суставной ямки плечевой кости. Суставная жидкость вытеснится в складки суставной сумки, и трение между двумя поверхностями значительно возрастет. Сустав при этом потеряет подвижность, и рука окажется способной выполнять статическую работу — удерживать груз в руке. Следовательно, когда мы удерживаем груз, нервные центры мышц, осуществляющих противоположно направленные действия, возбуждены одновременно.

ную ткань. Ее основу составляет сердечно-мышечная клетка. Ядра располагаются в центральной части клетки, миофибриллы занимают периферическое положение. Характерным морфологическим признаком строения сердечной мышцы являются контакты двух смежных клеток, которые видны под микроскопом в виде темных полосок — вставочных дисков. С помощью дисков сердечные мышечные клетки соединяются в мышечные волокна. Между соседними мышечными волокнами имеются соединения, которые обеспечивают сокращение миокарда как единого целого в предсердиях и желудочках сердца. Для сердечной мышечной ткани характерно обилие митохондрий, которые располагаются около ядра, между миофибриллами. Миофибриллы так же, как и в скелетных поперечнополосатых мышцах, имеют поперечную исчерченность.

Иннервируется сердечная мышца парасимпатическими нервами, которые ослабляют и замедляют работу сердца, и симпатическими нервами, которые усиливают и ускоряют работу сердца. Кроме этого, в сердце есть клетки, богатые саркоплазмой, и поперечная исчерченность в них выражена менее четко. Эти клетки способны ритмически возбуждаться без действия на них внешнего раздражения, обеспечивая тем самым автоматическое сокращение сердца.

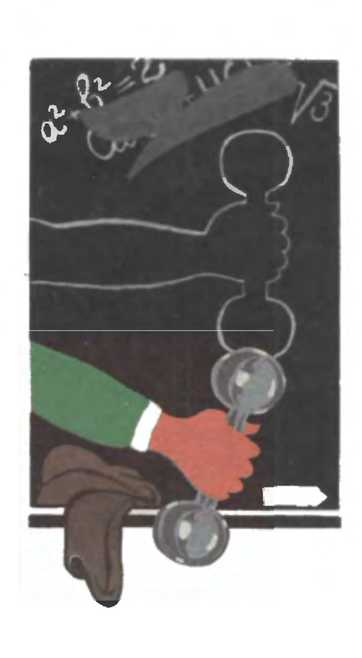
Рис. 5. Изменения взаимоположения толстых и тонких протофибрилл: *а* — **состояние покоя;** *б* — **состояние сокращения;** *в* — **состояние расслабления.**



Ритмическая работа сердца обеспечивает закономерную смену рабочего акта восстановительным, который приходится на расслабление сердечной мышцы. В результате этой ритмичной работы обеспечивается постоянно протекающее в сердечно-мышечных клетках самообновление.

Этот процесс физиологической регенерации осуществляется внутриклеточно, т. е. путем замещения износившихся частей клеток новообразованными. Дефекты сердечной мышцы зарастают соединительной тканью. Установлено, что при определенных условиях сердеч-

КАКАЯ РАБОТА БОЛЕЕ УТОМИТЕЛЬНА — СТАТИЧЕСКАЯ ИЛИ ДИНАМИЧЕСКАЯ?



Когда человек перемещает груз, его мышцы совершают динамическую работу. Когда же он удерживает груз на весу или затрачивает любое другое усилие, не сопровождающееся движением, это статическая работа. При статической работе суставы обычно закреплены, а это возможно, если одновременно сокращаются мышцы противоположного действия. От статической работы человек устает значительно больше, чем от динамической. Проверим это на опыте.

Попросите вашего товарища стать около доски лицом к классу. Пусть он возьмет в руки какой-нибудь предмет массой 3—5 кг и попробует держать его в руке, отведенной в сторону под прямым углом к туловищу. Глаза надо закрыть. На уровне вытянутой руки сделайте на доске отметку мелом и включите секундомер.

Первое время испытуемый удерживает груз неподвижно. Затем рука его начинает непроизвольно опускаться, а затем рывком поднимается до прежнего уровня или немного выше. Это говорит о том, что начинает нарушаться нервная регуляция, поддерживающая определенную длину мышечных волокон. Когда рука отклоняется вниз, длина мышечных волокон меняется. Это регистрируют рецепторы, находящиеся в мышцах, они посылают сигналы в мозг, который рефлекторно возвращает руку в прежнее положение. Эти движения происходили и раньше, но амплитуда отклонений была небольшой, и мы их не видели. При наступлении усталости эта регуляция становится более грубой, и мы ее можем заметить. Спустя некоторое время рука начинает дрожать, ее колебания становятся более частыми, и, наконец, рука опускается вниз. Испытуемый при этом ощущает боль в мышцах. Она возникает оттого, что в мышцах накапливаются продукты обмена, раздражающие внутренние рецепторы. Боль эта через некоторое время проходит.

После окончания опыта попросите испытуемого поднимать тот же самый груз другой рукой до сделанной отметки и опускать его. Как правило, эту работу он сможет выполнять без явных признаков утомления довольно длительное время.

Физические упражнения на статические усилия, характерные для гимнастики йогов, в сочетании с дыхательными упражнениями тренируют выносливость организма, но они слабо содействуют развитию ловкости, быстроты и точности движений, хотя именно эти качества необходимы людям, работающим со сложными механизмами, приборами, устройствами, транспортными средствами, применяемыми в народном хозяйстве. Поэтому лучше следовать тем системам физических упражнений, которые рекомендуются в нашей печати, передаются по радио и телевидению. В них подбираются такие соотношения статических и динамических усилий, которые наиболее благоприятно воздействуют на наш организм.

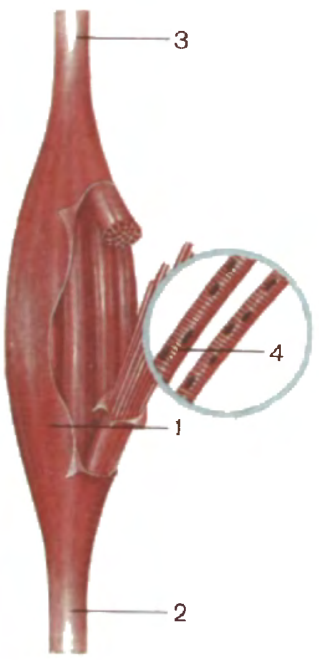


Рис. 6. Строение мышцы: 1 — мышечное брюшко; 2, 3 — сухожильные концы; 4 — поперечнополосатое мышечное волокно.

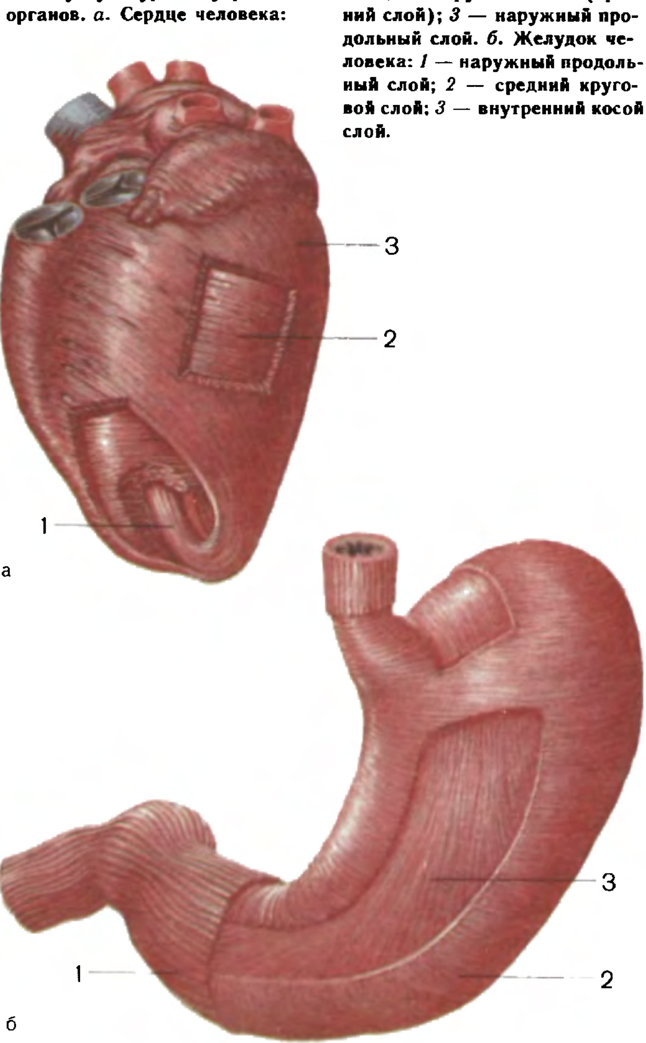
но-мышечные клетки способны митотически делиться.

Основные свойства мышц — возбудимость (способность приходить в состояние возбуждения в ответ на *раздражение*), проводимость (способность передавать возникшие в результате возбуждения биоимпульсы от одного мышечного волокна к другому), сократимость (способность к сокращению, в результате чего мышца укорачивается).

При длительной физической работе мышц наступает утомление. В утомленной мышце снижается уровень кровоснабжения, а следовательно, доставка кислорода и питательных веществ и удаление продуктов обмена.

Создание нормальных гигиенических условий физического и умственного труда и полноценного отдыха устраняет переутомление. Занятия физкультурой совершенствуют не только мышечную систему, но и вегетативные функции (дыхание, кровообращение и др.), без которых невозможно выполнение мышечной работы.

Рис. 7. Послойное расположение мускулатуры внутренних органов. *а*. Сердце человека: 1 — внутренний продольный слой; 2 — круговой слой (средний слой); 3 — наружный продольный слой. *б*. Желудок человека: 1 — наружный продольный слой; 2 — средний круговой слой; 3 — внутренний косой слой.



МЫШЛЕНИЕ

Человеческий мозг в течение всей жизни собирает, анализирует, сортирует, обрабатывает и хранит информацию. Только что полученные сведения сопоставляются с хранящимися в нашей *памяти* и систематизируются, дополняя, уточняя или видоизменяя наши представления об окружающем мире и о нас самих. Благодаря этой огромной постоянной работе с информацией в мозге получает отражение объективно существующая реальность. Эти процессы отражения, т. е. познания человеком существенных связей и отношений вещей или явлений, и составляют сущность мышления.

Элементарные формы мышления, или, точнее, способность к отражению объективной реальности, свойственны и высшим животным. Человеческое мышление отличается от зачатков его у животных в первую очередь полнотой и глубиной отражения. В мозге животных получают отражение лишь наиболее простые, имеющие для них непосредственное значение закономерности и связи окружающего мира. А человеческое мышление способно охватить любые явления — от законов микромира до глобальных проблем устройства Вселенной — и познать их сущность.

Человеческое мышление имеет длинную предысторию. Оно развивалось в процессе практической деятельности, становления и развития общественно-производственных отношений одновременно с совершенствованием нашего мозга. Результаты познавательно-практической деятельности закреплялись в языке и с помощью речевого общения передавались от одного поколения к другому.

Таким образом, главная особенность мышления состоит в том, что оно протекает преимущественно в форме понятий, выраженных словами, в которых закреплен человеческий опыт. Это позволяет нам в процессе позна-

ния не ограничиваться только непосредственной информацией, исходящей от *органов чувств*, а получать представление о таких свойствах и отношениях объектов мышления, которые непосредственно недоступны нашему восприятию — устройстве атома или характере процессов, происходящих в недрах звезд. Благодаря мышлению создается наука, возникает возможность познания законов природы, общества и самого мозга — носителя нашего мышления. Вот почему мышление называют высшей формой отражения объективной реальности.

Орган мышления — мозг. Важные физиологические механизмы его работы были открыты русскими учеными *И. М. Сеченовым* и *И. П. Павловым.* Они создали учение о рефлекторном характере работы мозга, об условнорефлекторном (сигнальном) принципе высших форм его деятельности (см. *Высшая нервная деятельность*). Тем самым были развенчаны религиозные догмы о том, что мыслительная деятельность человека — проявление бестелесной, нематериальной, божественной души. А это подрывало основы и самой религии.

Вопрос об отношении материального и духовного, об отношении материи и мышления всегда был и остается центральным вопросом философии. Вопреки идеализму и учению церковников, утверждающих, что мышление представляет собою якобы проявление особого духовного начала и является первичным, не зависящим от материи и никак не связанным с ней самостоятельным явлением, марксистско-ленинская философия считает материю первичной, а мышление лишь особым свойством высокоорганизованной материи.



ИВАН МИХАЙЛОВИЧ СЕЧЕНОВ (1829—1905)

В 1863 г. Н. А. Некрасов, знаменитый русский поэт и редактор журнала «Современник», попросил Ивана Михайловича Сеченова написать для журнала статью о насущных вопросах естествознания. Ученый охотно согласился, но статья не появилась на страницах литературного журнала. Ее запретила царская цензура. Было разрешено опубликовать статью лишь в научном журнале при условии некоторого ее сокращения и изменения названия, не раскрывающего содержания работы. Цензоры надеялись, что статья останется незамеченной. Позже, когда эта работа была издана отдельной брошюрой, на нее был наложен арест «как на крайне опасную по своему влиянию на людей» и возбуждено судебное дело против автора, а петербургский митрополит советовал сослать автора в Соловецкую обитель.

Что так взволновало царских сатрапов? В «Рефлексах головного мозга» (так была названа брошюра) Сеченов впервые в мире приоткрыл завесу над таинственной областью психических явлений. Он доказал, что тайну сознания можно раскрыть методами естественных наук. Впоследствии Сеченов неоднократно возвращался к вопросу о физиологических основах психической деятельности человека, к истории возникновения нашей психики и развития ее у ребенка.

И. М. Сеченову принадлежит открытие тормозных процессов в центральной *нервной системе,* явления суммации в нервных центрах; он установил наличие ритмических биоэлектрических процессов в центральной нервной системе и др.

Заведуя кафедрами физиологии и читая лекции в различных учебных учреждениях страны, он организовал несколько физиологических лабораторий, воспитал плеяду талантливых учеников и создал первую в нашей стране физиологическую научную школу. Она формировалась и развивалась в Медико-хирургической академии в Петербурге, Новороссийском (г. Одесса), Петербургском и Московском университетах, где Сеченов работал в разные годы. Впоследствии Сеченов был заслуженно назван отцом русской физиологии. Ученый много сделал для распространения *дарвинизма* в России и сам использовал идеи *Ч. Дарвина* в своих трудах при освещении проблем физиологии и психологии.

За исключительные заслуги Сеченову было присвоено звание почетного академика Российской Академии наук. Его имя носит 1-й Московский медицинский институт и Институт эволюционной физиологии и биохимии АН СССР в Ленинграде. Академией наук СССР учреждена премия имени И. М. Сеченова, присуждаемая советским ученым за выдающиеся труды в области физиологии.

Н

НАРКОТИКИ

Некоторые вещества, попадая в *кровь,* воздействуют на нервные центры головного мозга человека. Они вызывают искусственный подъем настроения, болезненное, неестественное веселье — эйфорию, иногда нарушение сознания. К таким веществам относятся морфий, опиум, кокаин, марихуана, гашиш и др. Их называют одним общим словом — наркотики. Наркотическими свойствами обладают также алкоголь и табак. Греческое слово narkotikos означает «приводящий в оцепенение».

У здорового человека, впервые принявшего наркотик, сначала состояние эйфории отсутствует. Наоборот, обычно проявляются острые признаки отравления и бурная защитная реакция организма. Первая затяжка табачным дымом у некурящих вызывает тошноту, головокружение, спазмы в горле, слюно- и слезотечение, кашель. Болезненно реагирует непьющий человек и на первую рюмку спиртного: нарушается координация движений, появляются головокружение, тошнота, речевые расстройства.

Повторные употребления наркотиков вызывают привыкание. Появляется устойчивость (резистентность) организма, возникает эйфория или, наоборот, подавленное настроение, заканчивающееся различными психическими проявлениями: эмоциональной возбудимостью, повышенной агрессивностью, а иногда галлюцинациями. Привыкание объясняется тем, что организм начинает вырабатывать *ферменты,* способствующие усвоению наркотика. *Обмен веществ* при этом нарушается: присутствие наркотика становится его необходимым звеном. Устойчивость к наркотическому веществу говорит не о здоровье и выносливости организма, а о первых симптомах наркомании — тяжелого заболевания.

В дальнейшем эйфория наступает все позже и позже. Для подъема настроения требуется увеличивать дозу наркотика. Наконец, наступает второй этап заболевания, когда обмен веществ нарушен настолько, что присутствие в крови наркотического вещества начинает играть в нем существенную роль. Если поступление наркотика задерживается, появляются головные боли, слабость, дрожание конечностей, сопровождающиеся подавленным настроением.

При третьей стадии наркомании *клетки* и *ткани,* связанные с обменом наркотика в организме, разрушаются. Наступает общее истощение. Человек больше не может принимать наркотики, но и не способен обходиться без них. Возникает ситуация, которая может привести к гибели при отсутствии медицинской помощи.

Таким образом, все наркотики — вредные вещества. Они нарушают работу *органов* и систем организма человека, разрушают его психику и вызывают многие опасные заболевания.

Однако характер действия различных наркотиков неодинаков. Такие, как морфий или героин, вызывают очень быстрое привыкание, непреодолимую потребность в них и разрушение личности. Алкоголизм возникает медленнее, одни люди более склонны к нему, чем другие, но в итоге и он приводит к необратимым изменениям личности, а также к заболеваниям *сердечно-сосудистой системы,* циррозу печени и др. Никотин как наркотик кажется менее опасным. Но вредность его применения состоит в резком отравлении организма, повышении вероятности появления злокачественных опухолей (рак легких, например) и других заболеваний не только у курильщиков, но и у окружающих людей.

НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

Наследственность — свойство родителей передавать свои признаки потомкам, следующему поколению. Это свойство не абсолютно, дети никогда не бывают точными копиями родителей, но кошка всегда приносит на свет котят, а из семян пшеницы вырастает только пшеница.

Уже в XIX в. ученые начали понимать, что передачу признаков по наследству осуществляют какие-то частицы, имеющиеся в *клетках. Г. Мендель,* на опыте доказавший существование таких частиц, назвал их наследственными факторами. Теперь мы их называем *генами.*

Исследования, проведенные в конце XIX — начале XX в., показали, что основная часть генов сконцентрирована у *эукариот* в клеточных *ядрах,* а при делении ядра — в хорошо различимых в микроскоп структурах —*хромосомах.* Так как при обычном делении клеток — *митозе* количество ядерного материала в дочерних клетках не меняется, ясно, что гены удваиваются при каждом делении в числе.

Оказалось также, что некоторые важные признаки возникают в результате действия генов, расположенных не в ядре, а в цитоплазме. Появился термин «цитоплазматическая наследственность». Сейчас его можно считать устаревшим: гены расположены не в самой цитоплазме, а в содержащихся в ней

внутриклеточных частицах — органоидах (*митохондриях,* хлоропластах), симбиотических микроорганизмах. Однако основная часть наследственного материала локализована в ядре.

У *прокариот* нет оформленного ядра, но наследственный аппарат есть и у них.

Механизм размножения наследственного материала долгое время оставался загадкой, хотя еще в 1927 г. советский генетик *Н. К. Кольцов* говорил о том, что новый ген образуется на старом, как на матрице. Лишь к 1944 г. были получены прямые доказательства того, что гены состоят из *нуклеиновых кислот:* как теперь установлено, из ДНК — для подавляющего большинства организмов и РНК — для некоторых *вирусов.* Наконец, в 1953 г. английский ученый Ф. Крик и американец Дж. Уотсон создали схему строения молекулы ДНК — знаменитой «двойной спирали», из которой автоматически вытекала возможность удвоения (репликации) гена. Основы наследственности стали изучать на молекулярном уровне.

Установлено, что возможность возникновения всех наследуемых признаков организмов — от простейших клеток до человека — «записана», закодирована в виде последовательности нуклеотидов ДНК, передающейся от клетки к клетке из поколения в поколение с момента возникновения жизни на Земле. Клетки, лишенные ядер (например, эритроциты — красные кровяные тельца млекопитающих), неспособны к делению и размножению. Они возникают только из клеток-предшественников, имеющих ядра. Именно наследственность, наличие генетической программы в виде ДНК обеспечивает смену поколений, не прерывающуюся не менее 3,8 млрд. лет. Генетические программы в этом процес-

ГРЕГОР ИОГАНН МЕНДЕЛЬ (1822—1884)



Основоположник учения о *наследственности* Грегор Иоганн Мендель был сыном небогатого крестьянина. На средства больного отца закончить образование ему не удалось. И Мендель стал монахом августинского монастыря в г. Брюнне Австрийской империи (ныне г. Брно, Чехословакия) под именем брата Грегора. К концу жизни он стал прелатом — настоятелем монастыря, однако современник свидетельствует, что исполнением своих религиозных обязанностей явно тяготился, зато с удовольствием преподавал физику и биологию в реальном училище и ставил загадочные опыты над растениями на крохотном (7×35 м!) участке под окнами своей кельи.

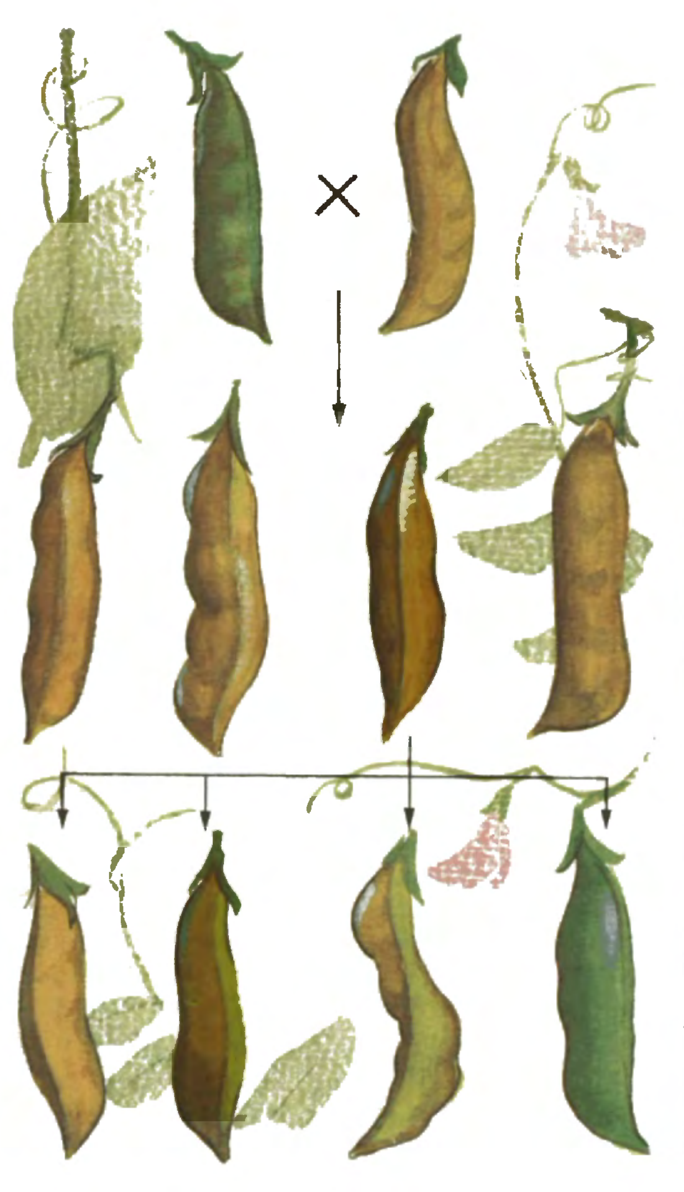
Генетики, посещающие Брно, считают этот участок своей святыней: на нем Мендель за 8 лет выполнил уникальные опыты по *гибридизации* разных сортов гороха и сформулировал в результате их в 1865 г. законы, которые легли в основу генетики — науки о наследственности и *изменчивости* организмов.

Опыты показали, что в клетках организмов имеются какие-то частицы, зачатки, определяющие признаки организма и передающиеся по наследству. Мендель называл их факторами, позднее они получили название *гены.* Один фактор — ген организм получает от отца, другой — от матери. Гены различаются по силе воздействия на признаки получившего их потомства. «Сильные», доминантные гены подавляют действие «слабых», рецессивных. Например, если мы скрестим, как Мендель, желтозерный горох с зеленозерным, первое поколение гибридов будет иметь желтые горошины. Это первый закон Менделя — единообразие гибридов первого поколения.

Согласно второму закону, в следующем поколении гибридов снова появляются растения с зелеными горошинами, причем в строгом численном соотношении — примерно 1:3. Мендель показал, что это объясняется чисто случайным распределением генов при образовании половых клеток и случайным, вероятностным слиянием *гамет* при *оплодотворении.*

Третий закон Менделя — закон независимого комбинирования генов. В потомстве разные гены сочетаются случайно, образуя разнообразные комбинации. Именно поэтому возможны случаи, когда ребенок наследует, например, глаза матери и отцовский нос.

Разрешая загадку наследственности, Мендель опередил время на 35 лет. Лишь к 1900 г. X. Де Фриз в Голландии, К. Корренс в Германии и Э. Чермак в Австрии почти одновременно на собственных опытах убедились в справедливости выводов Менделя и переоткрыли его законы. Они натолкнулись на забытую всеми работу «Опыты над растительными гибридами», опубликованную в 1866 г. в провинциальном бюллетене Брюнского общества естествоиспытателей. Годом рождения генетики как науки считается 1900 год, когда великое открытие Менделя стало достоянием мировой общественности.



Наука о наследственности ведет свое начало от блестящих опытов Г. Менделя. Вот схема одного из них. Если скрестить два сорта гороха, различающиеся по каким-либо признакам (например, окраска стручков), первое поколение будет по этому признаку походить на одного из родителей, а во втором поколении произойдет расщепление признака: в среднем 75% потомства будет походить на одного родителя, а 25% — на другого. Это объясняется существованием единиц наследственности — генов, случайно распределяющихся в потомстве. Этот пример иллюстрирует также понятия доминантности и рецессивности.









ТОМАС ХАНТ МОРГАН (1866—1945)



Томас Хант Морган — американский биолог, один из основоположников генетики.

Коллеги из Колумбийского университета (США) в 1908 г. были удивлены, когда он, получивший уже широкую известность как эмбриолог, решил заняться модной, но неустоявшейся наукой — генетикой. Генетические работы Моргана были подготовлены многолетними исследованиями клеточного *ядра*.

Сначала он хотел проверить, справедливы ли выводы *Г. Менделя:* существуют ли в *клетках* наследственные факторы — *гены,* передающиеся от поколения к поколению в случайных комбинациях? Морган обычно работал с кроликами, но денег на содержание большого вивария ему не дали. Выбор объекта экспериментов — крошечной плодовой мушки дрозофилы — был, возможно, его величайшей удачей. Дрозофилу легко разводить в лаборатории в пробирках на засеянных дрожжевыми клетками растертых бананах или манной каше с изюмом, за год она дает до 30 поколений и в каждом поколении до тысячи потомков! Усыпленных на время эфиром мушек легко изучать под слабым увеличением, отбирать изменившихся особей, а затем их скрещивать.

Открытия не замедлили появиться. В общем Морган подтвердил выводы Менделя, но существенно дополнил их. Были обнаружены признаки, которые наследовались, не расщепляясь, а комплексом, группой сцепления. Оказалось, что у дрозофилы три большие группы сцепления, объединяющие много признаков, и одна маленькая. Но столько же у нее и *хромосом* в половой клетке — *гамете.* И как раз три больших и одна маленькая! Значит, группы сцепления генов — это хромосомы. Далее Морган вместе с учениками, многие из которых также приобрели мировую известность, показал, что гены в хромосомах расположены

В сказке смерть Кощея спрятана в яйце, яйцо — в утке, утка — в зайце и т. д. Примерно так же «запрятана» генетическая информация, определяющая развитие у организма тех или иных признаков, например окраску цветка. Как правило, каждая клетка содержит генетическую программу в ядре (*1*) — в хромосомах (*2*), состоящих из хроматид (*3*). В хроматидах наследственный материал — хроматин уложен плотно (*4*). На следующем уровне (на рисунке не показан) двойная цепочка ДНК наматывается на глобулы ядерных белков, образуя нуклеосомы. И лишь удалив ядерные белки, мы получим в чистом виде ген — двойную цепочку ДНК (*5*).



◀

Характерные признаки передаются из поколения в поколение доминантными аллелями. Портреты четырех представителей европейской династии Габсбургов (Максимилиан I, Карл V (*вверху*), Филипп Испанский, эрцгерцог Карл фон Тешен) позволяют проследить на протяжении почти 400 лет, что мужчины из этой семьи наследовали выпяченную нижнюю губу и крупный с горбинкой нос.

линейно, как бусины на нитке или слова на телеграфной ленте. Он установил и порядок расположения генов в хромосомах.

И наконец, правило сцепления оказалось не абсолютным. Хромосомы, как уже подметили цитологи, при *мейозе* образуют пары, перекрещиваются и меняются частями. Это явление назвали кроссинговером (перекрестом). Так был выяснен цитологический механизм законов Менделя. Открытия Моргана привели к окончательному доказательству и завершению в основных чертах хромосомной теории наследственности.

Каждое такое открытие по праву можно назвать величайшим. Но не только они принесли Моргану всемирную славу. Из лаборатории Моргана в конечном счете вышла в свет та генетика первой половины XX в., которую мы теперь называем классической. Морган дал генетике объект исследований и набор их методов, воспитал многочисленных учеников, пошедших по проторенному им пути. В этом его величайшая заслуга перед наукой и человечеством.

се изменялись, усложнялись, но никогда не возникали из ничего. Наследственность и ее противоположность — *изменчивость* — два необходимых условия жизни.

Теперь мы можем дать строгое определение наследственности: это свойство организмов обеспечивать преемственность признаков и свойств между поколениями, а также определять характер развития организма в специфических условиях внешней среды. Ведь развитие признаков, определяемых наследственно, зависит и от внешней среды. Каждый организм — это результат взаимодействия между генетической программой его развития и условиями ее реализации. Наука, изучающая закономерности наследственности и изменчивости — генетика — детище нашего века. В наше время генетики уверенно расшифровывают строение генов, создают новые гены, направленно изменяют наследственность, правда пока только у микроорганизмов (см. *Генная инженерия*). Идеями генетики сейчас пронизаны практически все отрасли биологии — биология развития и теория *эволюции*, экология и *систематика*. Так как наследственность и изменчивость — основные свойства жизни, изучающая их наука может считаться стержневой отраслью науки о живом.

НАУЧНЫЕ ОБЩЕСТВА УЧАЩИХСЯ

Автором первого научного труда можно стать еще на школьной скамье. И пусть тираж его не очень велик — один, два или несколько экземпляров, — коллеги юного автора знакомятся с ним с таким же интересом, как взрослые ученые — со статьями, опубликованными в серьезных, академических изданиях.

Для школьников, увлекающихся наукой, мечтающих стать учеными, при дворцах и домах пионеров, на станциях юных натуралистов и юных техников, в школах и при высших учебных заведениях создаются научные общества учащихся. Работа многих ребят, членов таких обществ, связана с биологией.

Юные биологи помогают ученым проводить разнообразные опыты, занимаются самостоятельными научными исследованиями, выступают с докладами и лекциями о своей работе. Некоторые исследования юных биологов привлекают серьезное внимание специалистов. Авторы таких работ, как правило, поступают потом в различные вузы биологического профиля и становятся зоологами, генетиками, биохимиками, экологами, физиологами и т. д.

У ребят из «Малой Тимирязевки» сибирского отделения ВАСХНИЛ тема научной и практической работы — «Испытания и перспективы применения половых феромонов лугового мотылька для прогнозирования сроков появления гусениц». Другими словами — применение биологического метода для борьбы с бабочками, повреждающими сельскохозяйственные культуры. Школьники из «Малой Тимирязевки» Козьмодемьянской средней школы Амурской области — авторы работы «Фенологические наблюдения за соей». А опыты они провели для того, чтобы порекомендовать космонавтам выращивать это ценное растение на космическом корабле. Ведь соя — источник белков и витаминов.

Одна из форм научного общества биологического направления — «малая лесная академия». Первая такая «академия» была создана



Юные биологи учатся обращаться с новейшей электронной техникой.

Очень важно хорошо знать растения своего края.



в 1972 г. при Институте леса Карельского филиала АН СССР в г. Петрозаводске. Занятия для членов «малой лесной академии» проводятся точно так же, как в настоящем учебном институте: в академии есть ректор, видные специалисты читают для ребят лекции по проблемам лесоводства, охраны леса, изучения и приумножения лесных богатств, ребята ведут лабораторные исследования, выезжают на летнюю практику и через три года после начала учебы защищают дипломы по выбранной совместно с преподавателем теме. Многие из тех, кто прошел обучение в «малых лесных академиях», стали специалистами в лесоводстве, в других биологических науках.

НЕЙСТОН

Нейстон (от греческого слова neustos — плавающий) — совокупность организмов, связанных с поверхностной пленкой воды и обитающих постоянно или временно на этой пленке или же в самом верхнем слое воды. У этих организмов развиваются специальные приспособления для использования физических особенностей поверхностной пленки воды: подвешивание к пленке снизу, дыхание воздухом через пленку и т. п. К типичным нейстонным организмам относятся простейшие, одноклеточные водоросли, клопы-водомерки, жуки вертячки, личинки комаров, ряд легочных моллюсков и др. Некоторые из них лишь временно входят в нейстон, находясь остальное время в сообществе планктонных (см. *Планктон*) или бентосных (см. *Бентос*) организмов.

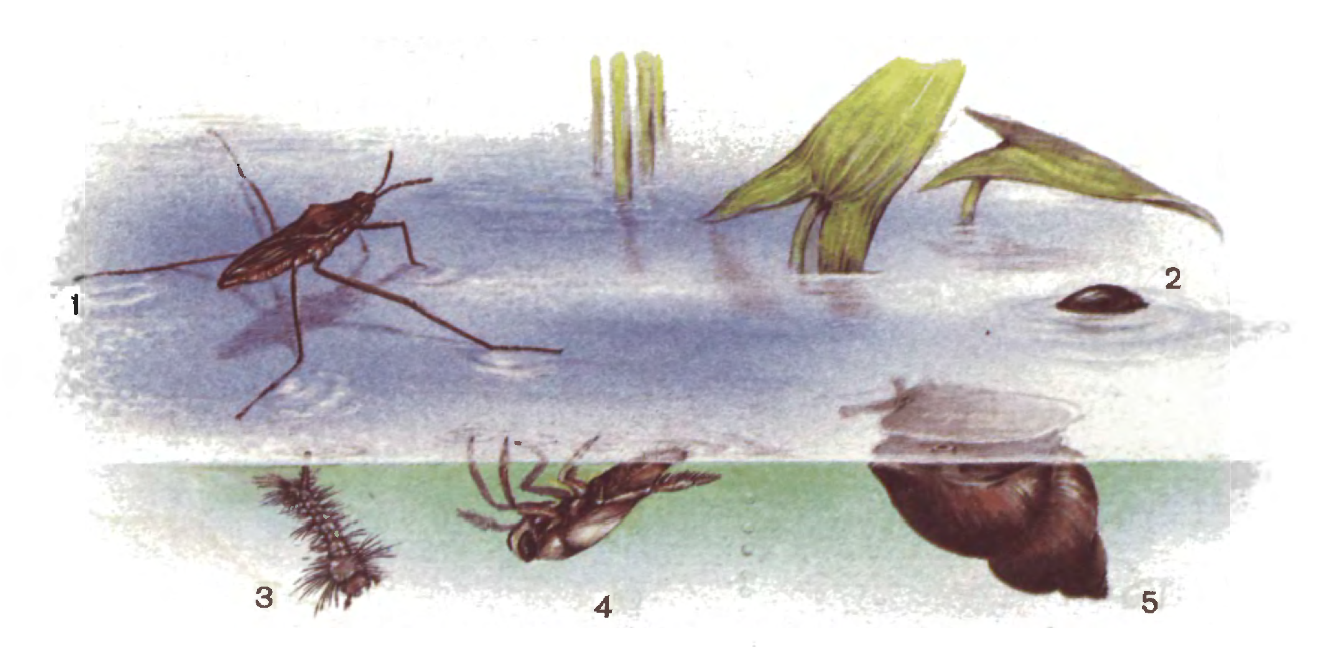
НЕОТЕНИЯ

Неотения (от греческих слов neos — незрелый, юный и teino — растягиваю, удлиняю) — способность некоторых организмов достигать половой зрелости и размножаться на личиночной стадии, до завершения индивидуального развития. Пример неотении — хвостатое земноводное амбистома, размножаемая в аквариумах на стадии личинки, называемой аксолотлем. У аксолотля недоразвиты ноги, есть хвостовой плавник и наружные ветвистые жабры, характерные для личинок. Он может жить только в воде. Тем не менее аксолотли достигают больших размеров (до 15—20 см в длину) и могут многократно в течение многих лет откладывать зрелые оплодотворенные яйца, из которых развиваются новые аксолотли.

Если, однако, постепенно понижать уровень воды в аквариуме, то у аксолотля усиливается функция щитовидной железы и он проходит *метаморфоз,* как и другие хвостатые амфибии, превращаясь в окончательно развитую наземную форму — амбистому, похожую на саламандру.

Этот процесс можно ускорить, если добавлять в воду гормон щитовидной железы — тироксин. В природе (Центральная Америка) в теплых и в мелких водоемах аксолотли превращаются в амбистом, а в прохладных и глубоких остаются аксолотлями на всю жизнь.

Считается, что неотения играла важную роль в *эволюции* некоторых форм. При этом вид — основатель группы как бы отказывается от признаков взрослого организма, начиная новый путь развития. Это так называемая



Организмы нейстона: *1* — клоп-водомерка; *2* — жук вертячка; *3* — личинка комара; *4* — клоп гладыш; *5* — улитка прудовик.

теория педоморфоза. Согласно ей травянистые формы растений произошли от древесных, а предки хордовых — от личинок каких-то сидячих животных, похожих на иглокожих.

НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Нервная система — совокупность образований (нервы, ганглии, *органы чувств*, мозг) у животных и человека, которая осуществляет восприятие действующих на организм раздражителей, анализирует их и обеспечивает координированную ответную реакцию. Она регулирует работу всех *органов*, обеспечивает взаимосвязь различных систем органов, приспосабливая деятельность всего организма как единого целого к воздействиям внешней среды.

Нервная регуляция отличается от гуморальной (с помощью химических веществ) точным и быстрым воздействием. Максимальная скорость распространения нервного импульса по нервам 120 м/с, а наибольшая скорость доставки химических веществ кровотоком лишь 0,5 м/с.

Структурной и функциональной единицей нервной системы является нервная *клетка*, или нейрон (рис. 1). У человека 50 млрд. нейронов, объединенных в сложную сеть с многочисленными межнейронными контактами. Нейрон состоит из тела, сильно ветвящихся коротких отростков — дендритов, длинного отростка — аксона и окончаний аксона, имеющих вид пуговиц или луковиц со специфическим строением, — синапсов (рис. 2). Синапсы обеспечивают передачу возбуждения другим нейронам или мышцам и железам. От их функционального состояния во многом зависит координация процессов в организме.

Деятельность нервной системы во многом

НИКОЛАЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ ВВЕДЕНСКИЙ (1852—1922)



Жизнь и научная деятельность русского физиолога Николая Евгеньевича Введенского связаны с Петербургским университетом, где он учился, а затем работал, пройдя путь от лаборанта до заведующего кафедрой физиологии.

Исследования этого талантливого ученого посвящены физиологии *нервной системы*. По образному выражению самого Николая Евгеньевича, его жизнь прошла в обществе нервно-мышечного препарата лягушки. В нерве всплески возбуждения очень коротки и следуют с большой частотой. Старые гальванометры были слишком инертны, чтобы их уловить. Н. Е. Введенский использовал телефон. Соединенный с нервом, тот воспроизводил биотоки нерва в виде доступного человеческому уху звука, по высоте соответствующего частоте нервных импульсов.

Ученый установил, что нерв способен в течение многих часов подряд, не обнаруживая признаков усталости, передавать возбуждение, тогда как мышца быстро утомляется. Он выяснил, что существует оптимум величины раздражения нерва, при котором сокращение мышцы достигает максимальной величины. Значительное усиление и учащение раздражения вызывают явление пессимума — ослабления сокращения мышцы. Это связано с недостаточной функциональной подвижностью, или лабильностью, мышцы, как назвал это явление Н. Е. Введенский. Оказалось, что каждая волна возбуждения изменяет последующую возбудимость тканей: сначала возбудимость понижается (рефрактерная фаза), а затем повышается (фаза экзальтации). Скорость смены фаз возбудимости и определяет лабильность тканей. Если частота импульсов в нерве оптимальна и каждый очередной импульс приходит в наиболее благоприятный момент — в фазу экзальтации от предыдущего импульса, эффект достигает максимума. При слишком частом ритме все нервные импульсы падают на рефрактерный период мышцы. Возникает пессимум возбуждения, и ее сокращение ослабевает.

Изучение лабильности привело Н. Е. Введенского к открытию парабиоза (торможения), особого состояния *тканей*, при котором нарушена их способность возбуждаться и проводить возбуждение. Ученый установил, что возбуждение и торможение имеют единую природу. Любой раздражитель может вызвать как возбуждение, так и парабиоз. Эффект воздействия зависит лишь от соотношения его ритма и лабильности воспринимающих тканей. Чем выше ритм раздражителя и ниже лабильность тканей, тем быстрее и легче возбуждение переходит в торможение.

Исследования Н. Е. Введенского были важны для развития физиологии нервной системы. За свои открытия он был избран членом-корреспондентом Российской Академии наук.

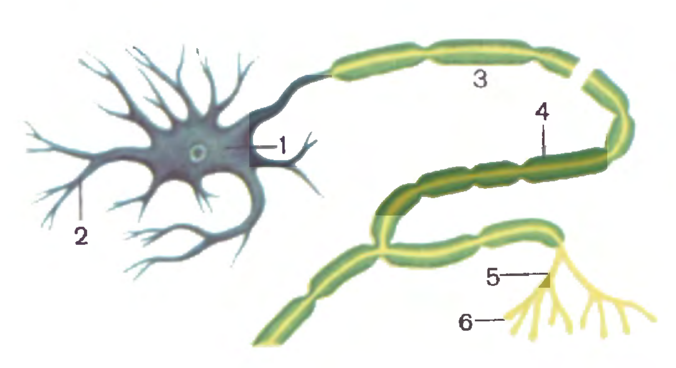


Рис. 1. Строение нейрона: *1* — тело нейрона; *2* — дендриты; *3* — аксон; *4* — миелиновая оболочка; *5* — нервные окончания аксона; *6* — синаптическая бляшка.

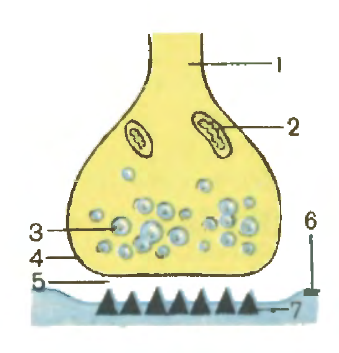


Рис. 2. Строение синапса: *1* — нервное волокно; *2* — митохондрия; *3* — синаптический пузырек; *4* — вредсинаптическая мембрана; *5* — синаптическая щель; *6* — постсинаптическая мембрана; *7* — постсинаптические рецепторы.

осуществляется по рефлекторному принципу (рис. 3). Этот принцип был сформулирован в 1863 г. *И. М. Сеченовым* в работе «Рефлексы головного мозга» (см. *Рефлексы, Раздражимость, Рецепторы*). Рефлекторные реакции отличаются большим многообразием и зависят от уровня развития нервной системы.

В ходе *эволюции* нервная система прошла три этапа развития (рис. 4).

Наиболее древняя, диффузная, или сетевидная, нервная система имеется у кишечнополостных животных. В этом случае нервные клетки соединяются в сеть, в которой проведение возбуждения осуществляется равномерно в различных направлениях, постепенно затухая по мере удаления от места раздражения. Множество связей обеспечивает широкую взаимозаменяемость и большую надежность деятельности, но реакции неточные, диффузные.

КАК НАБЛЮДАТЬ РЕФЛЕКСЫ СПИННОГО МОЗГА И МОЗЖЕЧКА



Рефлексы, центры которых находятся в спинном мозге, — это безусловные, врожденные рефлексы. Они проявляются у всех здоровых людей. К ним относится хорошо известный коленный рефлекс. Его можно легко пронаблюдать.

Посадите испытуемого на стул. Предложите ему перекинуть ногу на ногу, затем ударьте ребром руки по сухожилию четырехглавой мышцы под коленной чашечкой. Если удар будет удачным и растянет сухожилие, находящиеся в нем рецепторы придут в состояние возбуждения. Нервные импульсы по центростремительным нервным волокнам направятся в спинной мозг, а от него по центробежным нервным волокнам пойдут к четырехглавой мышце бедра, она сократится, и нога подпрыгнет. В условиях данного опыта это движение никакого биологического значения не имеет. Его используют врачи для определения функций спинного мозга: при заболевании они могут быть нарушенными.

Мозжечок участвует в координации движений. В чем это проявляется? Закройте глаза, протяните вперед руку с выставленным указательным пальцем. Это исходное положение. Теперь попробуйте коснуться указательным пальцем кончика носа. Каждый здоровый человек без труда выполняет это, казалось бы, нехитрое движение. А между тем, чтобы его совершить и попасть в цель, необходимо рассчитать траекторию, определить последовательность и время сокращения определенных мышечных групп, осуществляющих движение по заданной траектории. Заметим, что в этом движении участвуют 33 мышцы, каждая из которых должна в определенное время включиться и выйти из работы! Все эти сложные операции координирует мозжечок, причем с учетом внешних воздействий, которые способны нарушить движения. Одной из таких помех могут быть силы инерции, которые заставляют продолжать действие, ставшее ненужным, а то и опасным.

Попросите своего товарища согнуть руку в локте и встать против вас. Ухватите его за предплечье и предложите ему тянуть руку на себя, которую вы будете удерживать. Когда испытуемый разовьет достаточно сильное напряжение, неожиданно отпустите руку. Испытуемый наверняка ударил бы себя в грудь, если бы движение продолжалось по инерции! Но, как правило, этого не происходит. Рука делает короткий рывок и останавливается, так как мозжечок рефлекторно прекращает эти ненужные движения.

Известно, что алкоголь прежде всего поражает высшие центры мозга — кору больших полушарий, мозжечок и другие отделы. Вследствие этого движения становятся не только замедленными, но и плохо координированными. Опьяневший человек не может прекратить движения, которые продолжаются по инерции, и вместо нужного одного шага делает три, четыре. Нарушение функций мозжечка может стать причиной несчастных случаев, особенно когда нетрезвый человек сидит за рулем машины, трактора или другого транспортного средства.

Рис. 3. Схема рефлекторной дуги: *1* — рецептор; *2* — центростремительный нейрон; *3* — вставочный нейрон; *4* — центробежный нейрон; *5* — нервные окончания в мышце; *6* — спинной мозг.

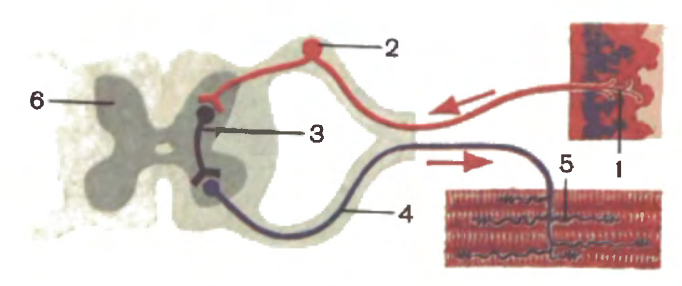


Рис. 4. Этапы эволюции нервной системы: *1* — сетевидная нервная система (гидра); *2* — узловая нервная система (дождевой червь); *3* — центральная нервная система человека.



Узловой тип нервной системы характерен для червей, насекомых, моллюсков, ракообразных. Основная масса нейронов узловой системы сосредоточена на брюшной стороне в узлах, связанных между собой, с *рецепторами* и исполнительными образованиями при помощи пучков нервных волокон. У наиболее подвижных животных узлы в основном расположены на головном конце. Здесь же находится наибольшее число рецепторов. Образуется подобие головного мозга. Связи этого типа нервной системы жестко фиксированы, возбуждение передается в определенном направлении. Это дает выигрыш в быстроте и точности ответных реакций.

У позвоночных нервная система закладывается на спинной стороне в виде нервной трубки, из которой затем образуется спинной мозг (рис. 5). Отделы головного мозга образуются как утолщения на головном конце нервной трубки в виде мозговых пузырей (рис. 6). У различных классов позвоночных образование мозговых пузырей происходит по одному и тому же типу, различна лишь степень их развития. Головной мозг состоит из продолговатого мозга, моста, мозжечка, среднего, промежуточного мозга и больших

ВАШЕ ЗДОРОВЬЕ ЗАВИСИТ ОТ СОСТОЯНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ



От нервной системы зависит общее состояние организма и протекающих в нем процессов. Наблюдения показали, что при постоянных нервных раздражениях у человека падает аппетит, сопротивляемость к заболеваниям, более тяжелым и длительным становится их течение, сокращается продолжительность жизни. Отрицательно сказываются на деятельности нервной системы физические и психические перегрузки, нарушения режима труда и отдыха, употребление алкоголя и курение табака. Развиваются неврозы, гипертония, язвы, расстройства пищеварения и другие заболевания.

Перегрузки приводят к быстрому утомлению нервных центров, регулирующих те или иные виды деятельности организма, чрезмерному расходу энергии, нарушению обмена веществ. Все это снижает скорость, точность, согласованность движений и вызывает нарушение мыслительных операций. Необходимо длительное время для восстановления работоспособности нервной системы и всего организма в целом. Для предотвращения этих нежелательных явлений необходимо знать свои потенциальные возможности и не превышать их, давать своевременный и достаточный отдых организму, а также закаливать нервную систему.

Расшатывают нервную систему нарушения режима и правил труда и отдыха, вследствие чего неправильно чередуются периоды отдыха и работы нервных центров, которые не успевают восстановить свою работоспособность. Это приводит к ослаблению и заболеваниям нервной системы и внутренних органов. Только правильно выбранный и строго выполняемый режим жизни позволит избежать этих нежелательных явлений или избавиться от них. Очень опасен для нервной системы алкоголизм, приводящий к точечным кровоизлияниям в головном мозге, омертвлению отдельных участков мозга, нарушению проведения возбуждения, ослаблению тормозного процесса, отчего ухудшаются внимание, *память*.

Плохо сказывается на работе головного мозга курение табака и даже только вдыхание табачного дыма. Сразу же после курения сосуды головного мозга несколько расширяются, но затем наступает длительный, а при частом курении непрерывный их спазм. В результате ухудшаются кровоснабжение мозга, память, внимание, мыслительная деятельность, работоспособность, скорость, точность и координация ответных реакций.

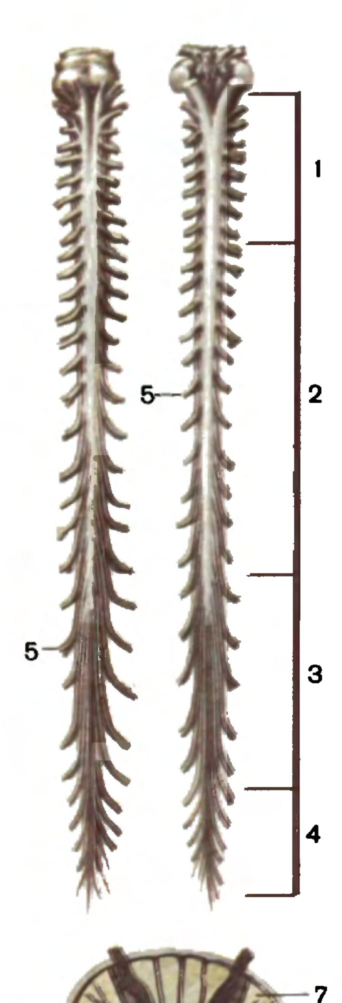
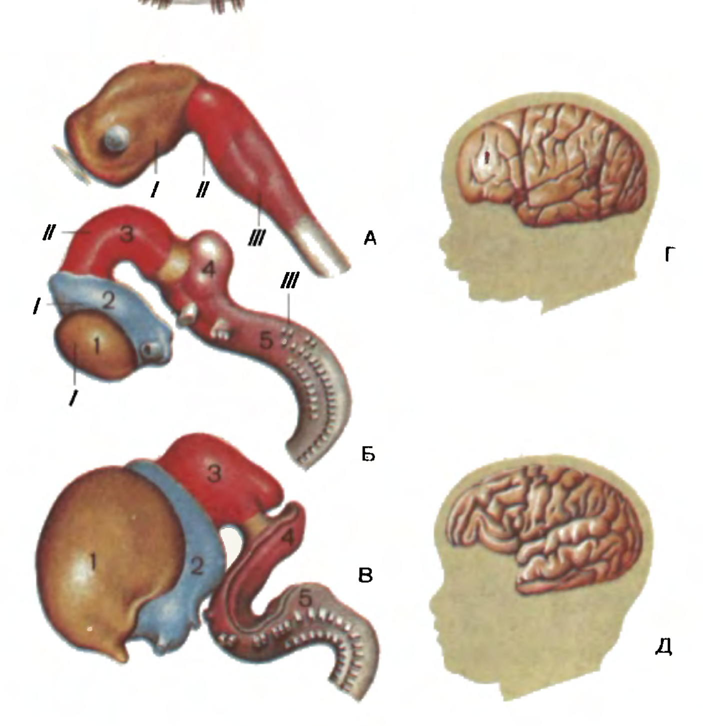


Рис. 5. Строение спинного мозга человека: *1* — шейный отдел; *2* — грудной отдел; *3* — поясничный отдел; *4* — крестцовый отдел; *5* — корешки спинномозговых нервов. *Внизу* — поперечный срез спинного мозга; *6* — серое вещество; *7* — белое вещество.

Рис. 6. Развитие головного мозга человека в онтогенезе. *А, Б, В* — стадии развития мозга эмбриона, *Г* — мозг новорожденного, *Д* — мозг ребенка в возрасте 1 год 3 мес. В начале развития переднего отдела нервной трубки у эмбриона (*А*) появляются 3 первичных мозговых пузыря: I — передний, II — средний, III — задний. Передний и задний мозговые пузыри (*Б, В*) делятся каждый еще на 2 пузыря, в результате образуется 5 пузырей. Из первого пузыря формируется кора больших полушарий (*1*), из второго — промежуточный мозг и глазные пузыри (*2*); из третьего — средний мозг (*3*), из четвертого — мост и мозжечок (*4*), из пятого — продолговатый мозг (*5*). Передний пузырь развивается наиболее интенсивно, покрывая собой все отделы головного мозга. Увеличиваются масса, поверхность мозга, количество и глубина борозд (*Г, Д*).



полушарий (рис. 7).

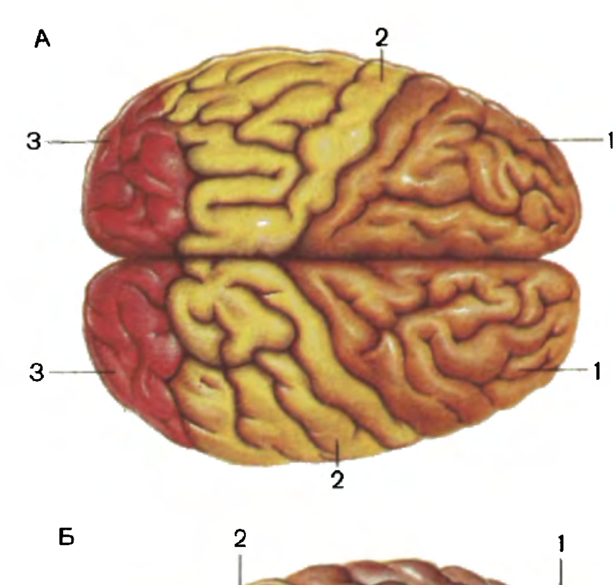
Спинной и головной мозг состоят из серого и белого вещества. Серое вещество образуется телами и отростками нейронов, а белое— нервными волокнами, покрытыми беловатой жироподобной миелиновой оболочкой. Нервные волокна образуют восходящие и нисходящие проводящие пути. Все это составляет центральный отдел нервной системы.

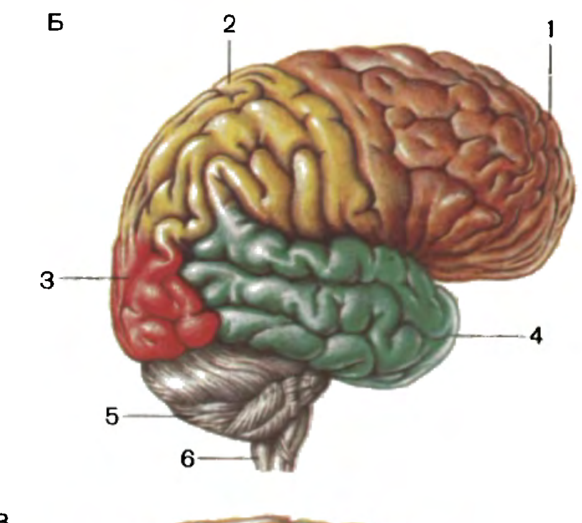
Периферический отдел образуют нервы и нервные узлы — скопление нервных клеток вне спинного и головного мозга.

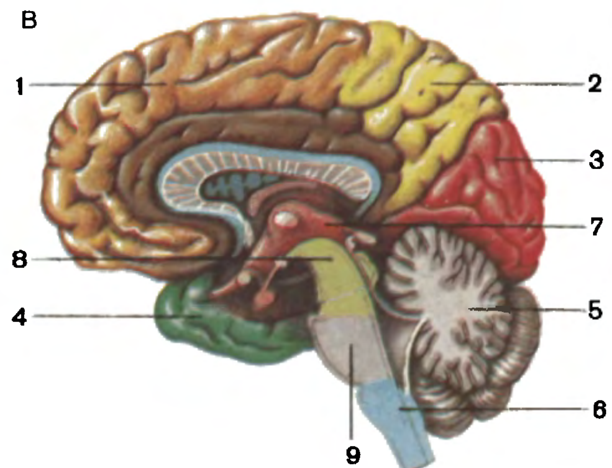
Часть нервной системы, регулирующую деятельность скелетной мускулатуры тела, называют соматической (от греческого слова soma — тело).

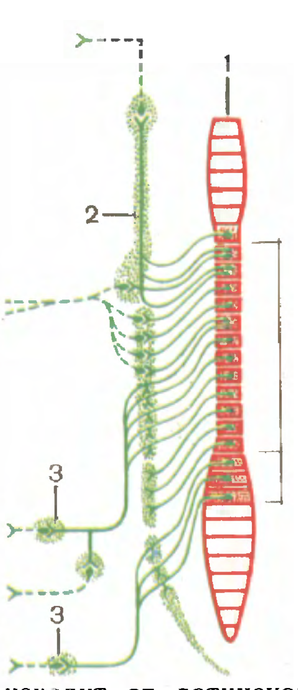
Вегетативной нервной системой называют ту ее часть, которая регулирует деятельность внутренних органов (рис. 8). Название ее про-

Рис. 7. Головной мозг человека. *А. Вид сверху: 1* — лобная часть; *2* — теменная часть; *3* — затылочная часть. *Б. Вид сбоку: 4* — височная часть; *5* — мозжечок; *6* — продолговатый мозг. *В.* Сагиттальный разрез: *7* — промежуточный мозг; *8* — средний мозг; *9* — мост.









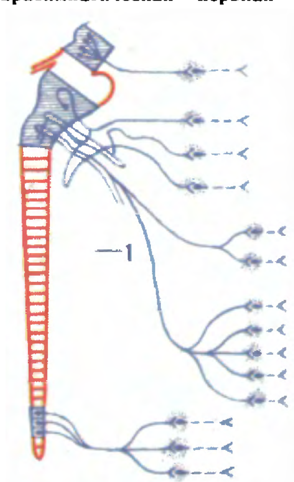


Рис. 8. Схема строения вегетативной нервной системы человека. *Слева* — симпатическая нервная система: *1* — спинной мозг; *2* — симпатическая нервная цепочка; *3* — симпатические ганглии. *Справа* — парасимпатическая нервная система: *1* — спинной мозг. Сплошной линией показаны предузловые нейроны, пунктиром — постузловые нейроны.

исходит от латинского слова vegetativus — растительный; раньше считали, что внутренние органы обеспечивают ростовые процессы. Она состоит из так называемых симпатических и парасимпатических волокон. В отличие от соматических нервов они имеют меньший диаметр и состоят из двух нейронов, поэтому скорость проведения возбуждения в вегетативных нервах меньше. Симпатические и парасимпатические нервы в основном оказывают противоположное регулирующее действие, обеспечивая тонкое приспособление деятельности внутренних органов к различным условиям. Так, во время сна парасимпатические нервы замедляют ритм и ослабляют силу сердечных сокращений. При физических нагрузках и эмоциональном возбуждении симпатические нервы усиливают сердечные сокращения.

Таков общий план строения трубчатой нервной системы. В процессе эволюции она приобрела по сравнению с диффузной и узловой системами новые прогрессивные качества. Нервные клетки образовали компактную центральную систему со специфическими функциями. Произошло усиление развития головных отделов мозга, усложнилось строение центральной нервной системы (ЦНС), нижележащие отделы ЦНС функционально подчинились вышележащим, и все отделы стали контролироваться корой головного мозга.

Интенсивно развивались органы чувств, которые производили тонкий анализ действующих раздражителей, что позволило успешнее приспосабливаться к меняющимся условиям жизни.

По мере усложнения ЦНС усложнялись рефлекторные реакции. В этом можно убедиться на примере регуляции двигательных и вегетативных рефлексов различными отделами ЦНС. Спинной мозг регулирует простейшие двигательные реакции: сгибательный, разгибательный, шагательный и другие рефлексы. Этот отдел ЦНС имеет вегетативные центры, регулирующие потоотделение, тонус кровеносных сосудов, деятельность сердца, выделительные функции и т. д.

Продолговатый мозг и мост регулируют двигательные рефлексы, обеспечивающие сохранение позы тела в покое и при движении, и сложные вегетативные процессы: регуляцию дыхания, *сердечно-сосудистой системы,* секреторной функции пищеварительных желёз и т. д. Средний мозг регулирует ориентировочные рефлексы (на свет, звук, реакцию «настораживания») и другие, что помогает быстро реагировать на внезапные раздражения. Этот же отдел регулирует движение пальцев рук, акт жевания и глотания и пр. Мозжечок оказывает влияние на сложные безусловные двигательные и вегетативные рефлексы. При удалении мозжечка нарушаются координация движений и деятельность дыхательной, сердечно-сосудистой и других систем. Промежуточный мозг регулирует температурную, болевую, вкусовую чувствительность, слуховые и зрительные ощущения, эмоциональные состояния (радости, удовольствия, гнева, страха и т. д.), состояния сна и бодрствования, чувства голода и жажды и другие процессы.

Кора больших полушарий осуществляет тонкую условно-рефлекторную регуляцию всех двигательных и вегетативных процессов, сложнейшие поведенческие реакции. Кора головного мозга человека обеспечивает высшие психические процессы: *мышление,* сознание, *память,* речь.

НООСФЕРА

Ноосфера (от греческого слова noos — разум и «сфера») — будущая, высшая стадия развития *биосферы,* сфера взаимодействия природы и человека, где определяющей силой станет разум. Развивая учение о ноосфере, академик *В. И. Вернадский* предполагал, что, зародившись на Земле, ноосфера по мере освоения человеком околозвездного пространства должна превратиться в особый структурный элемент космоса. Для превращения биосферы в ноосферу недостаточно только познания законов природы и преобразования природы человеком (что в масштабах, сопоставимых с глобальными природными процессами, наблюдается уже в наше время). Это такое преобразование биосферы, которое отвечает потребностям всего развивающегося человечества.

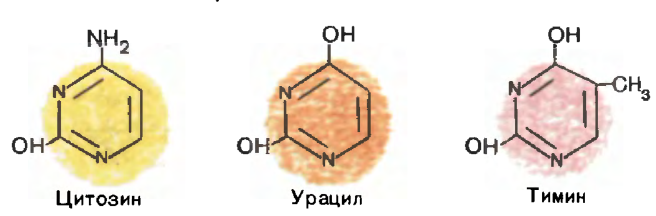
Сегодняшнюю область взаимодействия чело-

веческого общества с биосферой, где влияние человечества оказывается определяющим, иногда называют антропосферой, техносферой. Элементы будущей ноосферы прослеживаются сегодня в совместном использовании человечеством околоземного космического пространства в мирных, научных целях, осуществлении крупных, глобальных проектов, направленных, например, на регулирование транснациональных переносов загрязняющих веществ (вызывающих, в частности, кислые дожди), принятии коллективных мер различными государствами по предотвращению загрязнения Мирового океана и т. п.

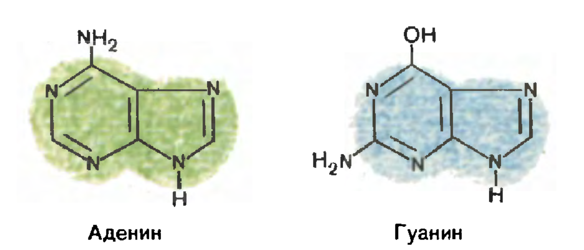
Рис. 1. Составные компоненты нуклеиновых кислот.

Рис. 2. Структурная организация ДНК. *А*. Мономер: *1* — гетероциклическое основание; *2* — углевод (дезоксирибоза);

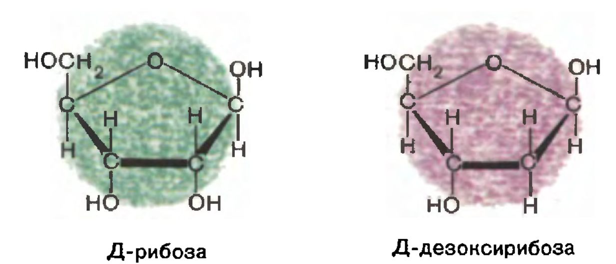
Пиримидиновые основания



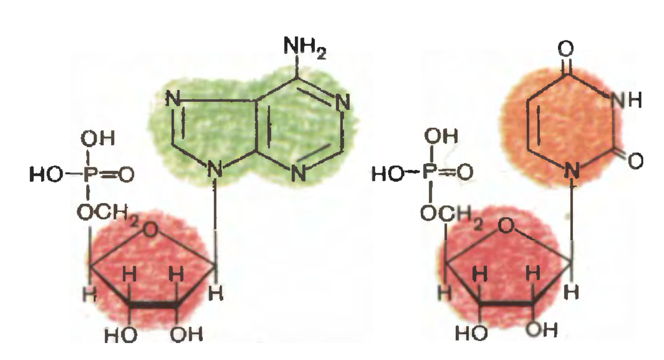
Пуриновые основания:



Углеводный компонент:



Мононуклеотиды:



НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Нуклеиновые кислоты — природные высокомолекулярные органические соединения, полинуклеотиды, обеспечивают хранение и передачу наследственной (генетической) информации в живых организмах. Нуклеиновые кислоты открыл в 1869 г. швейцарский ученый Ф. Мишер как составную часть клеточных *ядер*, поэтому свое название они получили от латинского слова nucleus — ядро.

Нуклеиновые кислоты состоят из цепочек, содержащих от десятков до миллиарда нуклеотидов. В состав каждого нуклеотида входит гетероциклическое основание — аденин (А) или гуанин (Г), являющиеся производными пурина, цитозин (Ц), урацил (У) или тимин (Т), являющиеся производными пиримидина, — углевод (рибоза или дезоксирибоза) и фосфорная кислота (рис. 1).

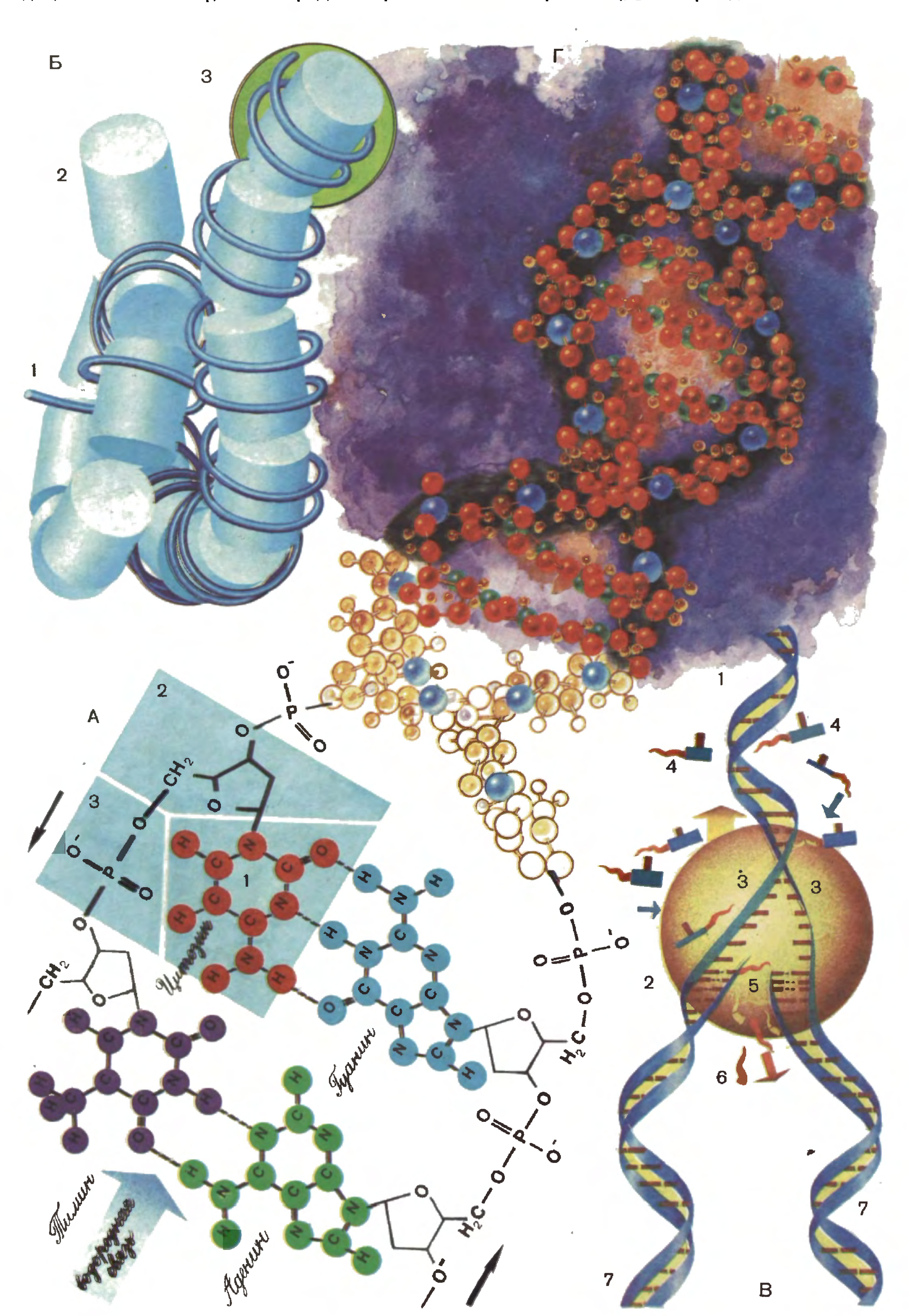
В природе существуют нуклеиновые кислоты двух типов, различающиеся по составу, строению и функциям. Одна из них содержит углеводный компонент дезоксирибозу (см. *Углеводы*) и названа дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК). Вторая, содержащая рибозу, названа рибонуклеиновой кислотой (РНК). ДНК и РНК различаются также и по составу пиримидиновых оснований: для ДНК характерно наличие тимина, для РНК — урацила. Цепочки ДНК обычно гораздо длиннее, чем цепочки РНК.

Гетероциклическое основание, углевод и фосфорная кислота образуют нуклеотид — мономер (рис. 1 и 2, А). Нуклеотиды соединяются в полимерные молекулы РНК и ДНК фосфодиэфирными мостиками (рис. 3). Число нуклеотидных звеньев, связанных в единую полинуклеотидную цепь, варьирует в широких пределах. Наибольшей молекулярной массой обладает ДНК (десятки миллионов и миллиарды дальтон). Так, молекулярная масса ДНК микроорганизма кишечной палочки $2{,}5 \cdot 10^9$ дальтон, число нуклеотидов в ней $4{,}5 \cdot 10^6$. Основная масса ДНК клетки *эукариот* расположена в ядре, но она обнаружена также в *митохондриях*, хлоропластах.

В 1953 г. американский биохимик Дж. Уотсон и английский физик Ф. Крик построили модель пространственной структуры ДНК; которая имеет вид двойной спирали (рис. 2, Г). Она соответствовала данным английских ученых Р. Франклин и М. Уилкинса, которые с помощью рентгеноструктурного анализа ДНК смогли определить общие параметры спирали, ее диаметр и расстояние между витками. В 1962 г. Уотсону, Крику и Уилкинсу за это важное открытие была присуждена Нобелевская премия.

Двойная спираль образована двумя полинуклеотидными цепями, которые закручены вокруг общей воображаемой оси (рис. 4). Дезоксирибозофосфатная цепь, составляющая

3 — остаток фосфорной кислоты. *Б.* Организация ДНК в хроматине (сверхспираль): *1* — ДНК; *2* — гистоновый октамер; *3* — нуклеосома. *В.* Репликация ДНК: *1* — родительская ДНК; *2* — ДНК-полимераза; *3* — матрица; *4* — строительные блоки (дезоксирибонуклеозид-5'-трифосфаты); *5* — вновь синтезированная цепь ДНК; *6* — пирофосфат; *7* — дочерние ДНК. *Г.* Двойная спираль ДНК.



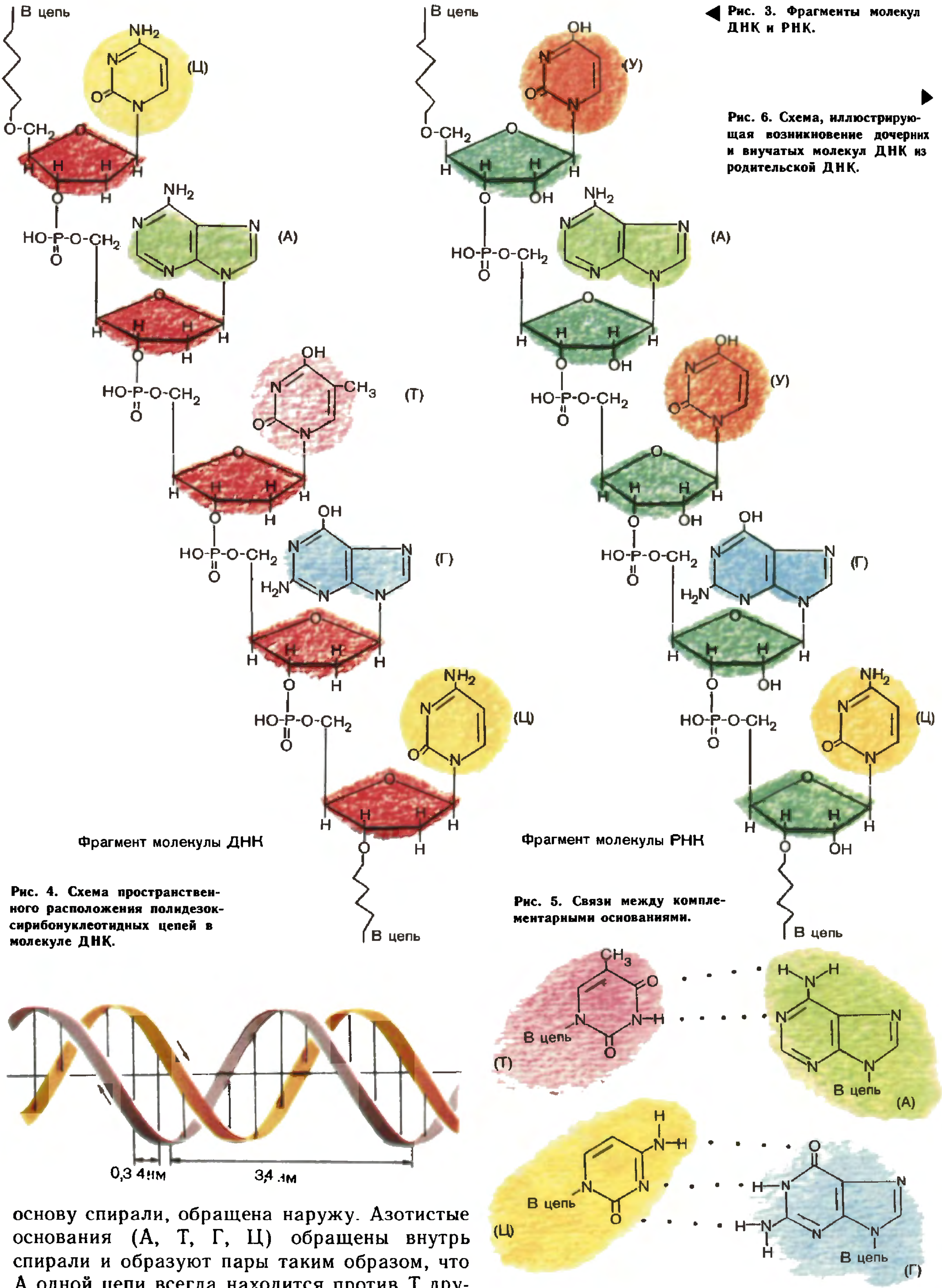


Рис. 3. Фрагменты молекул ДНК и РНК.

Рис. 6. Схема, иллюстрирующая возникновение дочерних и внучатых молекул ДНК из родительской ДНК.

Рис. 4. Схема пространственного расположения полидезоксирибонуклеотидных цепей в молекуле ДНК.

Рис. 5. Связи между комплементарными основаниями.

основу спирали, обращена наружу. Азотистые основания (А, Т, Г, Ц) обращены внутрь спирали и образуют пары таким образом, что А одной цепи всегда находится против Т другой цепи, а Г — против Ц. Между сближенными парами оснований образуются водородные связи: две — между А и Т и три — между Г и Ц (рис. 5). Поэтому нуклеотидная последовательность одной цепи подходит (комплементарна) к нуклеотидной последовательности другой (комплементарность — взаимное соответствие в химическом строении молекул, обеспечивающее их взаимодействие; комплементарные структуры подходят друг к другу, как ключ к замку). На один виток спирали приходится 10 нуклеотидных остатков. Шаг спирали составляет 3,4 нм, диаметр спирали — около 2 нм.



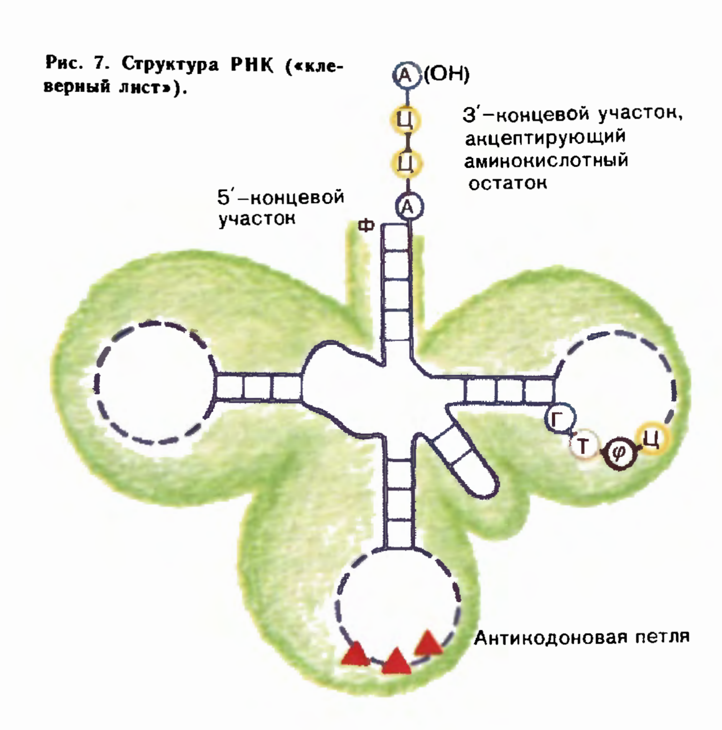


В *хромосомах* ДНК в комплексе с *белками* образует сложную сверхспираль — свернутую двойную спираль, благодаря чему достигается максимально плотная ее упаковка (рис. 2, Б). На стадии метафазы хромосома в 10 тыс. раз короче, чем нить ДНК, образующая эту хромосому.

ДНК служит носителем генетической информации в *клетке*. Эта информация содержится в ДНК в виде последовательности четырех видов нуклеотидов, в различном порядке чередующихся в полинуклеотидной цепи. Цепочка из 100 нуклеотидов может быть построена 4^{100} различными способами. Поэтому образуется огромное число межвидовых и внутривидовых вариаций ДНК, которые кодируют множество различных белков, определяющих появление у разных организмов характерных для них признаков.

Перед делением клетки (в S-периоде *клеточного цикла*) цепи родительской ДНК тоже разделяются, и каждая из них становится матрицей (шаблоном) для синтеза комплементарной цепи (рис. 2, В). Этот механизм лежит в основе передачи генетической информации следующему поколению клеток.

Рис. 7. Структура РНК («клеверный лист»).



Вся РНК клетки синтезируется на ДНК в ядре (см. *Транскрипция*). По величине молекулярной массы, функциональному значению, расположению в клетке различают три вида РНК: транспортные (тРНК) — низкомолекулярные РНК, локализованы в цитоплазме, осуществляют перенос аминокислот к *рибосомам* при биосинтезе белков (рис. 7); рибосомальные (рРНК) — высокомолекулярные РНК, являющиеся структурной основой рибосомы, на их долю приходится 80—85% суммарной клеточной РНК; информационные, матричные (иРНК, мРНК) — высокомолекулярные РНК, являющиеся матрицей для биосинтеза полипептидных цепей (см. *Трансляция*). Таким образом, РНК, будучи переносчиком генетической информации, в то же время участвует в реакциях, при помощи которых эта информация реализуется, например, в процессе биосинтеза белков. В отличие от ДНК спирализация цепи РНК осуществляется в пределах одной молекулы, причем в виде спирали находится примерно 50% цепи, остальные участки остаются одноцепочечными.

Нуклеиновые кислоты в клетке связаны с белками (за исключением тРНК). В соответствии с двумя типами нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) различают дезоксирибонуклеопротеины (ДНП) и рибонуклеопротеины (РНП). С включением в молекулу нуклеиновой кислоты большого числа белковых молекул у такого рода образований появляются уникальные свойства. Так, РНП-частицы (рибосомы) играют совершенно исключительную роль в биосинтезе белков, а ДНП-частицы (нуклеосомы) — в формировании и функционировании хромосомного аппарата клетки эукариот.

О

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Обмен веществ (метаболизм) — это совокупность химических реакций т. е. всех превращений веществ и энергии в организмах. В живых *клетках,* величины которых варьируют от 1 до 1000 мкм^3 и более, происходит 1—2 тыс. различных химических превращений. Они взаимосогласованы и осуществляются при температуре живого организма благодаря *ферментам,* строение, а следовательно, и свойства которых закодированы в структуре ДНК. Для каждого вида организмов и типа клеток характерен свой, генетически обусловленный тип обмена веществ.

Обычно обмен веществ разделяют на процессы разрушения веществ (катаболизм) и процессы синтеза биоорганических соединений (анаболизм). В реакциях расщепления выделяется энергия, запасаемая в *макроэргических соединениях,* которую организм использует для различных целей, в том числе и для синтеза разнообразных веществ. Кроме того, в процессах катаболизма образуются промежуточные соединения, которые клетка использует как «строительный материал» для образования других веществ.

Часто говорят об обмене *белков, углеводов,* жиров (см. *Липиды*). Совокупность химических реакций, общую для всех организмов, обеспечивающую расщепление и синтез данных соединений, называют первичным обменом веществ. Энергетический стержень первичного обмена — *гликолиз.* У организмов-фотосинтетиков поглощение и первич-

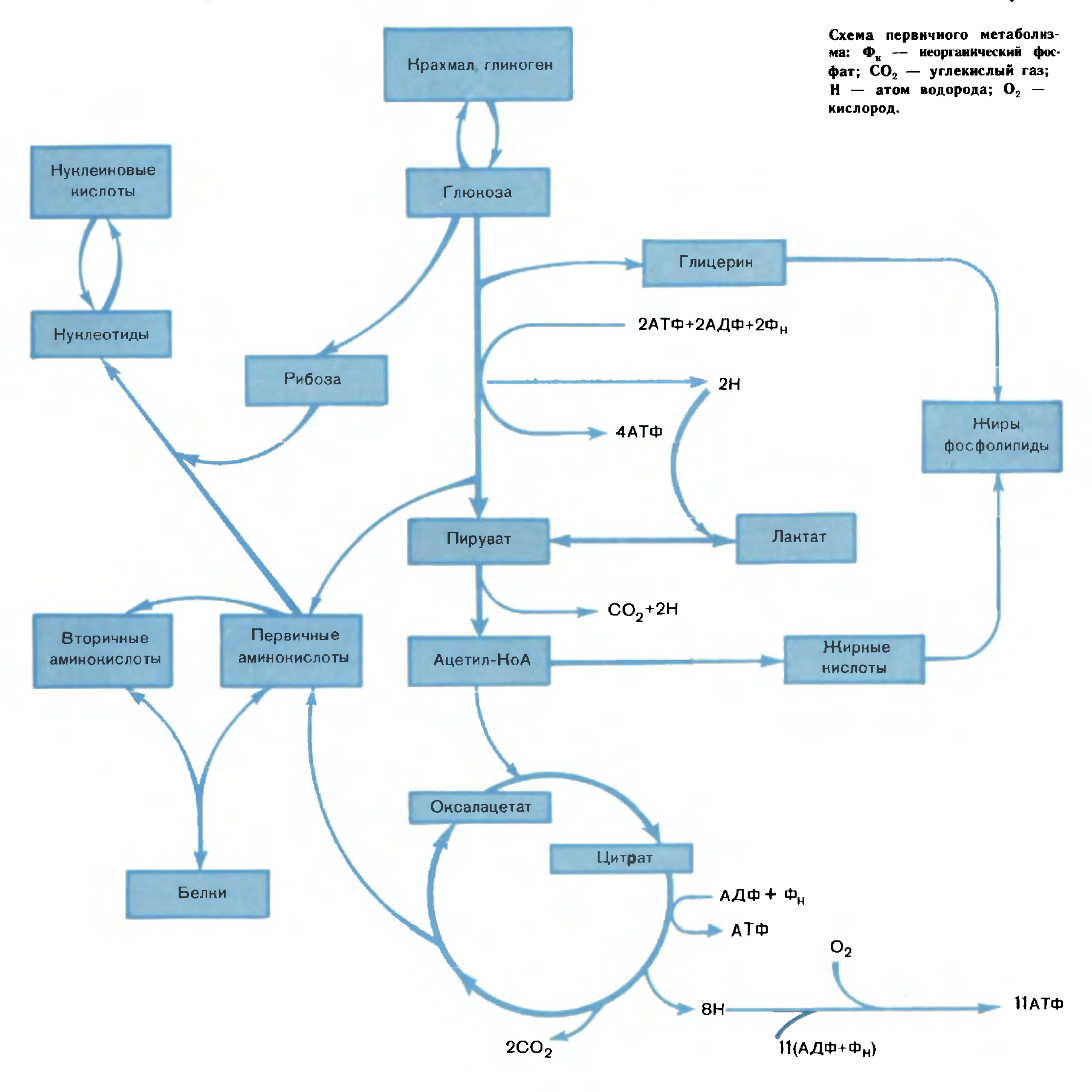


Схема первичного метаболизма: $Ф_н$ — неорганический фосфат; CO_2 — углекислый газ; Н — атом водорода; O_2 — кислород.

ное использование энергии света происходит в хлоропластах (см. *Фотосинтез, Пластиды*); ферменты, гидролизующие макромолекулы (см. *Биополимеры*), сосредоточены в *лизосомах*.

В клетках всех *тканей* многоклеточных организмов кроме первичного метаболизма происходят связанные с ним специфические для этой ткани и данного вида организма процессы превращения веществ, совокупность которых называется вторичным обменом.

Регуляция метаболизма в нормальных и в экстремальных условиях существования организма представляет собой комплекс взаимосвязанных процессов: синтеза, распада и изменения активности ферментов, проницаемости мембран и др. У человека и животных осуществляется еще и гормональная регуляция обмена веществ (см. *Гормоны*), координируемая центральной *нервной системой*. Такая регуляция позволяет организму быстрее и тоньше приспосабливаться к изменяющимся условиям внешней среды.

Интенсивность и направленность обмена веществ зависит от цикличности внешних условий и имеет определенную периодичность (см. *Биологические ритмы*). Изменяется обмен веществ и в *онтогенезе*, что особенно заметно при смене стадий развития насекомых.

Любое заболевание сопровождается изменениями обмена веществ. На этом явлении основаны очень чувствительные биохимические методы диагностики ряда болезней. Генетически обусловленные нарушения метаболизма — причина многих наследственных болезней. Одни удается компенсировать специальной диетой, другие пока еще не поддаются лечению. Здесь большие надежды медицина возлагает на *генную инженерию*.

ОЛИМПИАДЫ БИОЛОГИЧЕСКИЕ

В 1951 г. на биолого-почвенном факультете Московского государственного университета прошла первая в нашей стране биологическая олимпиада. В ней участвовали школьники Москвы. Соревнования юных биологов проводились в два этапа. Первый — письменный ответ на 10 сложных вопросов, требующих большой эрудиции и знаний. Победители первого этапа должны были показать практические навыки: ознакомившись с коллекциями растений и животных, надо было ответить на 10 устных вопросов. «Дерзайте ныне ободренны раченьем вашим показать, что может собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов Российская земля рождать...» — эти слова великого русского ученого М. В. Ломоносова — девиз первой биологической олимпиады — стали теперь девизом всех олимпиад, в которых участвуют юные ботаники, зоологи, агрономы, почвоведы, микробиологи, растениеводы.

Нынешние биологические олимпиады — широкий смотр знаний и практических навыков школьников, увлеченных наукой о живом. Продолжаются ежегодные олимпиады московских школьников в МГУ, их организуют преподаватели биологического факультета, Московский городской институт усовершенствования учителей, Совет по работе с молодежью Московского городского общества охраны природы. Биологические олимпиады проходят по всей стране. Первый этап — школь-

Вопросы олимпиады не просты, нужно многое знать о живой природе. *Справа* — к школьной олимпиаде юные художники готовят таблицу следов животных.







ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ

Участие в биологической олимпиаде — хорошая проверка ваших знаний. Но чтобы добиться успеха в этом соревновании, нужно основательно подготовиться. Недостаточно знать материал учебника, необходимо много читать по различным вопросам биологии и смежных с нею наук, уметь вести наблюдения в природе, а главное — размышлять, самостоятельно сопоставлять, обобщать известные вам факты. Именно такого творческого подхода требуют вопросы, которые задаются школьникам старших классов на биологических олимпиадах Московского государственного университета. Предлагаем и вам подумать над некоторыми из них:

1. Известно, что содержание *углеводов* в листьях и клубнях растений составляет до 90% сухого веса, в клетках мышц и печени животных — до 5%, а в прочих клетках животных — до 1%. Чем можно объяснить такую разницу? Какова биологическая функция этих углеводов?

2. У многих певчих птиц есть сложная видовая песня и, кроме того, набор простых коротких сигналов, зачастую сходных у разных видов. Какова роль того и другого типа сигнализации в жизни птиц?

3. Почему в природе гибриды между различными видами растений встречаются чаще, чем между различными видами животных?

4. Какие эксперименты надо поставить, чтобы выяснить, обусловлено ли сходство в окраске ос и осовидных мух *мимикрией,* или же мы тут имеем дело с явлением того же порядка, как в случае сходства окраски тигра и зебры?

5. У «карликовых» пород многих домашних животных масса тела в десятки раз меньше, чем у их диких предков, тогда как «гигантские» породы превышают предков по массе тела всего в 2—3 раза. Почему не выведены «гиганты», которые были бы крупнее предков во столько же раз, во сколько «карлики» мельче?

6. Какие приспособления имеют ночные насекомые для защиты от летучих мышей?

7. Природным резервуаром *вируса* американского лошадиного энцефалита являются птицы (около 90 видов). В большинстве случаев болезнь у птиц протекает в скрытой форме, а домовые воробьи и фазаны от нее погибают. Чем можно объяснить такое исключение?

8. Остатки каких групп организмов используются для установления возраста слоев земной толщи? Какими особенностями должны обладать эти организмы?

9. Какие вы могли бы предложить опыты, чтобы определить, как муравьи находят дорогу домой?

10. На некоторых участках степных заповедников регулярно выкашивают траву. Не нарушается ли при этом принцип *охраны природы* в заповедниках? Ответ объясните.

11. Синантропные насекомые (тараканы, сверчки, домовый муравей, чешуйница) жили раньше и могут жить сейчас в природных условиях, вдали от человеческого жилья. Какие особенности биологии и строения этих

Олимпиада — хорошая проверка знаний в самых разных областях биологии.

ная олимпиада, второй — районная, затем — областная и заключительный этап — зональная. Победители зональных олимпиад в Российской Федерации собираются на Всероссийскую биологическую олимпиаду школьников. Первая Всероссийская биологическая олимпиада состоялась в г. Барнауле в 1981 г.

В биологических олимпиадах может принять участие каждый школьник 6—10 классов. Победители олимпиад демонстрируют знания по биологии, далеко выходящие за рамки школьных учебников, практические навыки, приобретенные упорным трудом на пришкольном участке, в школьном лесничестве и т. д.

Так же как биологические олимпиады в МГУ, зональные олимпиады проводятся в два этапа. Первый тур — ответы на 5—6 письменных вопросов, второй тур практический: участники олимпиады работают в биологических кабинетах, где собраны разнообразные коллекции, проводятся различные опыты. Здесь жюри ждет от ребят устных ответов на самые разные вопросы, связанные с зоологией, ботаникой, общей биологией.

Победители олимпиад награждаются грамотами, призами.

насекомых позволили им найти благоприятные условия в жилище человека?

12. Известно, что у некоторых животных (зайцы, киты и др.) молоко очень жирное, а у других (например, обезьяны, волки) — нет. Объясните этот факт.

Теперь несколько интересных вопросов по эволюционной теории:

1. Как объяснить, что у домашних животных более разнообразная окраска, чем у их диких предков?

2. Какие щенки лучше поддаются цирковой дрессировке: те, чьи предки в течение ряда поколений выступали в цирке, или те, чьи предки несли сторожевую службу? Ответ поясните.

3. Щенкам спаниелей и фокстерьеров в раннем возрасте подрезают хвосты, чего не делают со щенками сеттеров и овчарок. У спаниелей и фокстерьеров щенки с укороченными хвостами рождаются чаще, чем у сеттеров и овчарок. Как это можно объяснить?

4. Зависит ли скорость увеличения числа видов в процессе *эволюции* некоторого исходного вида от размеров животного? Ответ поясните.

5. Покровительственная окраска насекомых уменьшает вероятность их гибели от хищников, в то же время они в большом числе гибнут от воздействия паразитов. Почему в ходе эволюции не выработались приспособления, которые столь же эффективно защищали бы насекомых от паразитов, как покровительственная окраска от хищников?

6. Установлено, что: 1) в районе совместного обитания двух конкурирующих видов бокоплавов (вида А и вида Б) самцы вида А часто спариваются с самками вида Б; 2) вид Б в этом районе вытесняется видом А. Может ли существовать связь между этими двумя фактами?

7. Какие сходные приспособления выработались у позвоночных и беспозвоночных животных в связи с выходом на сушу?

8. Можно ли ожидать исчезновения из *популяции* болезни, обусловленной рецессивным *геном*, если особи, пораженные этой болезнью, не дают потомства?

9. Чем объясняется способность многих микроорганизмов быстро приспосабливаться к разным условиям окружающей среды?

10. Требуется выяснить филогенетические связи трех видов тюленей: байкальской нерпы, каспийского тюленя и кольчатой нерпы, обитающей в Северном Ледовитом океане. Какие методы выявления родственных связей между этими тремя видами вы можете предложить?

11. Нередко ученые или писатели-фантасты для того, чтобы более выпукло показать значение какого-либо закона, рассматривают воображаемый мир, где этот закон изменен или вообще не действует (например, мир без трения). Вообразите такой мир, рассмотрев три случая изменения характера эволюции:

а) Как бы шла эволюция, если бы гены мутировали со скоростью, значительно большей, чем сейчас?

б) Как бы шла эволюция, если бы с момента возникновения жизни роль ДНК играл бы другой полимер — стабильный (немутирующий)?

в) Остановилась ли бы эволюция, если бы гены вдруг стали абсолютно стабильными в наше время (т. е. вероятность возникновения мутаций стала бы равна нулю)?

Рассмотрите эти случаи по отдельности, а затем сделайте общее заключение о связи частоты мутаций и возможности приспособительной эволюции.

12. Какое эволюционное значение могут иметь резкие колебания численности, наблюдающиеся у многих видов животных?

Допускается неоднозначный ответ на вопрос, формулировка нескольких гипотез, разная аргументация.



И наверное, каждому из участников олимпиады интересно встретиться со столь же эрудированным, хорошо подготовленным юным биологом, как он сам: ведь соревнование не только спор за победу, но и обмен опытом, совместное движение вперед.

ОНТОГЕНЕЗ

Онтогенез (от греческих слов on, род. падеж ontos — сущее и genesis — происхождение, возникновение) — индивидуальное развитие, т. е. развитие данной особи от момента слияния *гамет* и до смерти. Область биологии, изучающая онтогенез, называется биологией развития. Онтогенез — процесс сложный и протекающий по-разному в различных систематических группах животных и растений. Мы расскажем только об онтогенезе многоклеточных животных, хотя некоторые самые общие его закономерности справедливы и для растений.

Онтогенез начинается с оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом или с активации яйцеклетки каким-либо другим воздействием (см. *Оплодотворение*). Затем идет процесс дробления: яйцеклетка последовательно делится на ряд более мелких *клеток* (рис. 1). Когда клеток становится достаточно много (несколько сотен или тысяч), происходят сложные изменения формы зародыша, в результате которых в нем возникают зачатки отдельных органов. У зародышей позвоночных это зачатки кишечника, центральной *нервной системы*, хорды, мускулатуры и т. п. Совокупность этих процессов называется морфогенезом (рис. 2).

Одновременно с морфогенезом или вслед за ним отдельные клетки зародыша начинают приобретать стойкие различия между собой по форме, структуре и химическому составу (см. *Клеточная специализация (дифференцировка)*). Онтогенез продолжается и после рождения или вылупления зародыша: в этот период он проявляется в процессах *метаморфоза* (у видов, имеющих стадию личинки), *роста*, а также непрерывного обновления клеток *крови*, лимфоидных органов, стенок кишечника. Некоторые ученые к онтогенезу относят и процессы старения.

Рис. 1. Дробление яйца лягушки: *1* — начинает формироваться перетяжка между двумя первыми клетками, на которые делится яйцеклетка, клетки зародыша в период дробления называются бластомерами; *2* — сформировалось два первых бластомера; *3* — четыре бластомера; *4* — восемь бластомеров; *5, 6* — число бластомеров продолжает увеличиваться, и они уже различаются по величине: бластомеры верхней, темной половины яйцеклетки мельче бластомеров нижней, светлой половины. Процесс дробления продолжается от нескольких часов до суток, в зависимости от вида лягушки и температуры окружающей среды. Его легко наблюдать простым глазом, если выловить из водоема комок свежевыметанной икры.

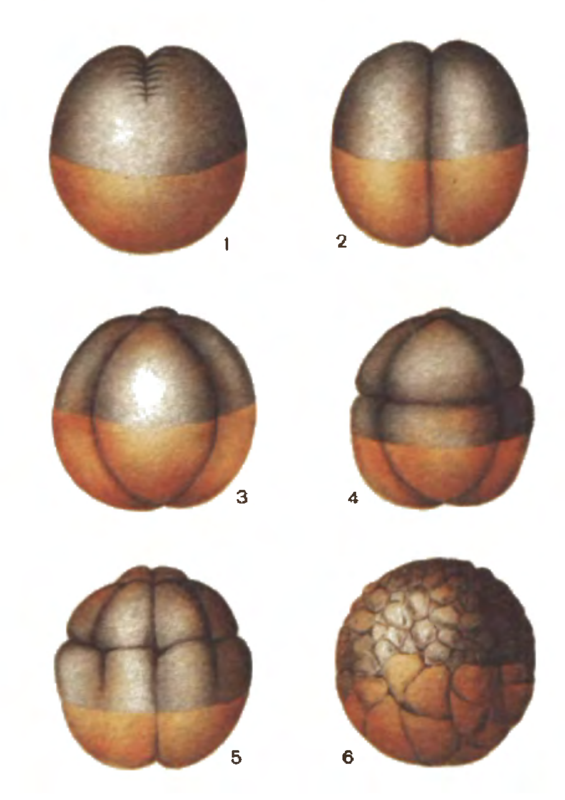
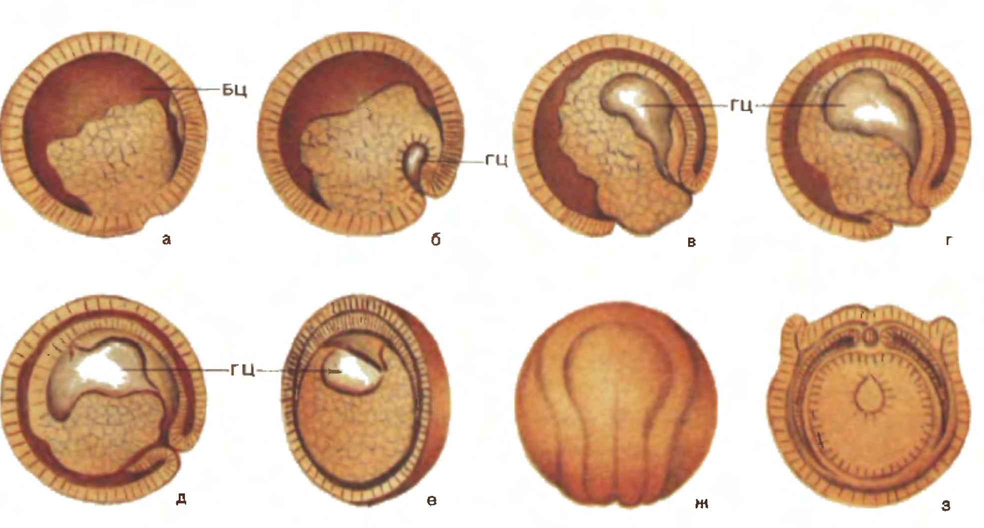


Рис. 2. Морфогенез зародыша лягушки после окончания дробления. Везде, кроме рис. *ж*, схематически изображены разрезы через зародыш. Сначала в зародыше имеется одна первичная полость тела (*а*), или бластоцель (*бц*). Затем появляется в виде маленького впячивания (*б*) и начинает углубляться (*в, г, д*) вторая полость — гастроцель (*гц*). Из нее впоследствии образуется полость кишечника. Процесс впячивания гастроцеля называется гаструляцией. После завершения гаструляции (эта стадия показана в продольном (*д*) и поперечном (*е*) разрезах) на спинной стороне зародыша образуется подковообразная пластинка, окаймленная валиками, — так называемая нервная пластинка, из которой затем образуется головной и спинной мозг (*ж*). Эта стадия показана в поперечном разрезе (*з*), нервная пластинка сверху. Процесс образования и развития нервной пластинки можно видеть невооруженным глазом на живых зародышах примерно вторых суток развития.



Каковы движущие силы такого сложного процесса? Наука пока не дает исчерпывающих ответов на этот вопрос, однако установлены отдельные важные закономерности онтогенеза.

Во-первых, все клетки зародыша между собой взаимодействуют, и каждая клетка как бы информирована о том, в каком месте зародыша она находится. Если часть зародыша удалить, то оставшиеся на месте клетки изменят ход своего развития в соответствии с тем новым положением в целом зародыше, в котором они оказались. В результате вызванный дефект может быть устранен и возникает более или менее нормальный зародыш. Чем определяется такая способность клеток ощущать свое окружение, до сих пор в точности не известно. По-видимому, в зародыше существует система межклеточной сигнализации через соприкасающиеся между собой *мембраны* соседних клеток.

Во-вторых, как только в зародыше появляются отдельные зачатки, они начинают влиять друг на друга, побуждая к развитию в определенном направлении. Например, зачаток спинной струны позвоночных животных — хорды — влияет на соприкасающиеся с ним ткани поверхности зародыша, побуждая их к развитию в зачаток центральной *нервной системы*. Такие влияния называются эмбриональными индукциями. Некоторые из них (в частности, только что упомянутая) вызываются особыми веществами, диффундирующими из одного зачатка в другой, прочие требуют прямых контактов между клетками взаимодействующих зачатков. У земноводных индукцию дополнительной конечности удается вызвать пересаженным под кожу зародыша инородным телом или отведением нервного окончания.

Известно также, что специализация клеток связана с синтезом в них специфических *белков*. Последовательность *аминокислот* в белках определяется набором *генов* — участков

КАРЛ МАКСИМОВИЧ БЭР (1792—1876)



Карл Бэр — ученый-естествоиспытатель XIX в., основатель современной эмбриологии, почетный член Петербургской Академии наук. Родился он близ г. Дерпта (теперь г. Тарту). Здесь в 1814 г. окончил медицинский факультет университета. Первую половину жизни Бэр прожил в Австрии и Германии, занимаясь проблемами развития животных.

Главная заслуга Бэра в том, что он установил общие черты в раннем развитии различных позвоночных, включая и человека. В 1829—1830 гг. Бэр открыл, что развитие млекопитающих начинается так же, как и у других животных, — со стадии яйцеклетки. Подробно изучив в последующие годы развитие курицы, некоторых рыб, земноводных и пресмыкающихся, он подошел к главному своему обобщению, получившему название закона Бэра: в развитии каждого животного проявляются сначала черты того типа, к которому он принадлежит, позже — класса, еще позже — семейства, рода и, наконец, вида. Поэтому на ранних стадиях развития зародыши различных систематических групп более сходны между собой, чем те же зародыши на более поздних стадиях. Отсюда и другое название этого закона — закон зародышевого сходства. Закон Бэра проложил дорогу появившейся позже эволюционной теории и показал, что развитие организмов идет от общего к частному, от целого к его частям путем постепенных преобразований.

В 1834 г. Бэр вернулся в Россию и занялся географическими, антропологическими и рыбоводческими исследованиями. С незаурядным мужеством уже немолодой ученый пересекал Баренцево море на поморской шхуне, чтобы изучить природу Новой Земли, колесил по засушливым степям Заволжья, плавал по Каспийскому морю. Он описал природу Закавказья, Закаспия и персидского побережья; обследовал балтийские, каспийские и азовские рыбные промыслы. Разрабатывая вопросы антропологии, Бэр был сторонником признания видового единства человеческого рода.

Последние годы жизни Бэр провел в г. Дерпте. Там же ему воздвигли памятник на высоком тенистом холме. Сидящий в кресле старый ученый как будто только что оторвался от раскрытой книги и задумчиво смотрит на людей, среди которых всегда много студентов его родного университета. Это к будущим поколениям естествоиспытателей обращены слова Бэра: «Пальма первенства достанется тому счастливцу, который сможет свести образовательные силы организмов к общим законам мирового целого». Бэр близок нам сегодня именно тем, что он подходил к природе как к единому целому, чьи образовательные и производящие силы он стремился изучать, не разрушая ее единства и гармонии.

Развитие птенцов сорокопута жулана.

Недавно вылупившиеся из яиц птенцы еще слепы и голы.

Птенцам исполнилась неделя, у них открываются глаза, появилось оперение.





АЛЕКСАНДР ОНУФРИЕВИЧ КОВАЛЕВСКИЙ (1840—1901)



«Он жил, чтобы исследовать, а не исследовал, чтобы жить», — писали о выдающемся русском зоологе Александре Онуфриевиче Ковалевском. Окончив в 1863 г. Петербургский университет, он, натуралист по призванию, подчинил все свои мысли и поступки одному страстному стремлению — изучить животный мир во всем его разнообразии.

А. О. Ковалевский исследовал различные стадии развития зародышей ланцетника и асцидии, гребневика и моллюска, черепахи и акулы, цыпленка и морской свинки. Всего им было изучено свыше 70 видов беспозвоночных и позвоночных животных. Кропотливый и самоотверженный труд позволил ему представить эмбриональное развитие в виде целостного процесса, начиная от яйца до образования группы клеток в форме трех зародышевых листков, образующих впоследствии органы и *ткани* взрослого организма. Вместе со своим ближайшим другом *И. И. Мечниковым* Ковалевский доказал, что все группы животного царства — позвоночные и беспозвоночные, с различным типом симметрии, например лучистые, билатеральные и т. д., имеют общие закономерности развития. Этот вывод имел громадное значение, так как утверждал на новом, эмбриологическом уровне дарвиновскую теорию единства происхождения всего животного мира. Ковалевского с полным правом считают отцом современной сравнительной эмбриологии.

Широта научных интересов Ковалевского была необычайной. Область сравнительной физиологии и анатомия беспозвоночных животных привлекали его в не меньшей степени, чем эмбриология. Вводя в организм животного различные красители и химические соединения (лакмус, индигокармин, тушь, соли серебра), а также *бактерии* (возбудители сибирской язвы и туберкулеза), Ковалевский получил новые сведения о выделительных и фагоцитарных органах более чем 100 видов беспозвоночных.

А. О. Ковалевским были открыты новые виды животных.

Обширные научные исследования Александр Онуфриевич сочетал с преподавательской деятельностью: он был профессором Казанского, Киев-

К концу второй недели жизни молодые жуланы готовятся покинуть гнездо.



молекулы ДНК. Почему же в разных клетках организма синтезируются различные специфические белки, например в мышечных клетках — миозин, в клетках — предшественниках эритроцитов — гемоглобин, в клетках соединительной ткани — коллаген? Может быть, в одних клетках отсутствуют какие-то гены, которые есть в других? Опыты показали, что и в дифференцированных клетках (за исключением некоторых), так же как и в яйцеклетке, присутствуют все гены. Почему же не все они проявляют активность? Окончательный ответ на этот вопрос не получен. По-видимому, и на работу генов оказывают влияние те же самые межклеточные и межорганные взаимодействия, о которых выше шла речь.

Гены влияют не только на специализацию отдельных клеток, но и на свойства, присущие целым организмам, например на формы плодов у растений или на характер окраски покровов тела у членистоногих и других животных. Как гены оказывают такое действие, как осуществляются в ходе развития зародыша признаки, заложенные в отдельных генах, тоже еще не до конца ясно. Проблема регуляции работы генов — одна из важнейших в современной биологии развития.

Таким образом, в современной биологии развития нерешенных вопросов больше, чем решенных. Главное, на чем сегодня сходятся ученые, — это вывод о том, что развивающийся зародыш представляет собой динамическую целостную систему, поддерживаемую непрерывными взаимодействиями между клетками. Эти взаимодействия влияют на работу всех структур, включая и генетический аппарат. Но об этих взаимодействиях мы знаем еще очень мало.

Исследование онтогенеза привлекает внимание широкого круга ученых, причем не только биологов, но также физиков, химиков и математиков. Совместными усилиями ученые разных специальностей стремятся построить общую теорию онтогенеза, которая пока что еще не создана. Такая теория явилась бы источником важных открытий и в других областях биологии. Вместе с тем работы в области онтогенеза имеют не только теоретическое, но также и большое прикладное значение. Они могут помочь лечению злокачественных опухолей и различных отклонений от нормального развития, управлению развитием животных и растений, охране развивающихся организмов от вредных влияний окружающей среды.

ского, Новороссийского (г. Одесса) и Петербургского университетов.

Для сбора материала и наблюдений над животными А. О. Ковалевский совершил множество экспедиций в Крым и на Кавказ, на Средиземное, Черное и Мраморное моря, в Алжир и на Принцевы острова; работал в разных лабораториях России, в Германии, Франции и Англии. В молодости он предпринял переход на верблюдах через пески, чтобы собрать коллекцию морских животных в Красном море. Вместе с ним путешествовали жена и годовалая дочь.

Жизнь А. О. Ковалевского была богата фундаментальными открытиями. Он был одним из основоположников новых направлений в биологии — сравнительной эволюционной эмбриологии и физиологии. В последние годы жизни Александр Онуфриевич основал Севастопольскую биологическую станцию (ныне Институт биологии южных морей АН УССР, носящий его имя).

ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

Оплодотворение у растений, животных и человека — это слияние мужской и женской половых *клеток* — *гамет*, в результате которого образуется первая клетка нового организма — зигота. С оплодотворением связано половое

размножение и передача наследственной информации от родителей потомкам.

Оплодотворение свойственно большинству растений. Ему обычно предшествует образование гаметангиев (половых органов), в которых развиваются гаметы. Если у растения в цикле развития происходит половой процесс, то происходит и *мейоз*, т. е. обнаруживается смена ядерных фаз (см. *Чередование поколений*).

Типы полового процесса у низших растений разнообразны. Назовем лишь основные. Слияние имеющих жгутики гамет, форма и размеры которых одинаковы, называют изогамией, а гаметы — изогаметами. Так, изогамны многие одноклеточные водоросли, например некоторые хламидомонады; будучи одноклеточными, они сами становятся гаметангиями, образуя гаметы. У многоклеточной водоросли улотрикса гаметангиями становятся некоторые не отличающиеся от других клетки. У некоторых изогамных бурых водорослей гаметангии отличны от остальных клеток растения.

У многих изогамных водорослей образовать зиготу может не любая пара гамет, поскольку гаметы физиологически различны. Внешне одинаковые гаметы нельзя назвать ни мужскими, ни женскими; физиологические же различия обозначают при изогамии знаками + и —. Слиться могут только гаметы разных знаков, образованные физиологически разными (+ и —) особями водоросли.

Слияние имеющих жгутики гамет, различающихся физиологически и размерами, называют гетерогамией, а гаметы — женской (более крупную) и мужской (меньшую). Гетерогамны, например, некоторые хламидомонады. Слияние безжгутиковой крупной женской гаметы (яйцеклетки) с мелкой, мужской, имеющей обычно жгутик или жгутики (сперматозоидом), носит название оогамии. Женские гаметангии большинства оогамных низших растений называют оогониями, а мужские — антеридиями. Оогамны, например, многие зеленые и бурые, а также красные водоросли.

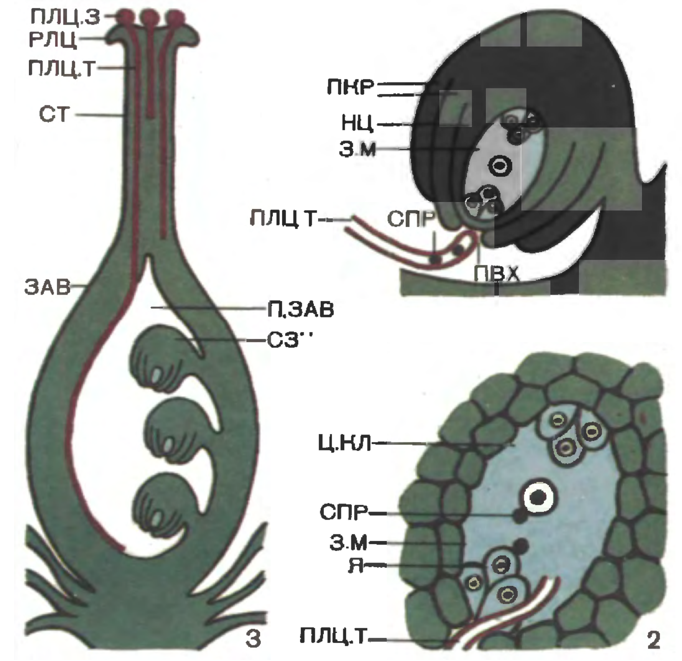
У изо-, гетеро- и многих оогамных низших растений гаметы выходят из гаметангиев в воду, где и происходит оплодотворение. У некоторых (например, у зеленой водоросли вольвокса) яйцеклетка остается в оогонии, куда проникают вышедшие в воду сперматозоиды и где происходит слияние гамет.

Все высшие растения оогамны. Типичные их гаметангии — антеридии (мужские) и архегонии (женские) — многоклеточны. В архегонии образуется одна яйцеклетка, в антеридии — много сперматозоидов. У мохо- и папоротникообразных вышедшие из антеридиев сперматозоиды подплывают в воде к вскрывшимся архегониям и сливаются с яйцеклетками внутри архегониев. У папоротникообразных и семенных растений оплодотворение происходит на (или в) зáростках (гаметофитах), развивающихся у первых самостоятельно, а у вторых — на спорофитах (см. *Чередование поколений*). Заростки равноспоровых папоротникообразных обоеполы, а разноспоровых и всех семенных — раздельнополы (см. *Споры*). Сильная редукция мужского заростка семенных растений привела к тому, что антеридии в нем (т. е. в пыльцевом зерне) не формируются ни у голо-, ни у покрытосеменных. В женском заростке (первичном эндосперме) почти всех голосеменных архегонии еще развиваются, а в женском заростке — зародышевом мешке — покрытосеменных их уже нет.

У семенных растений оплодотворению предшествует опыление — перенесение пыльцевых зерен из микроспорангиев, где они начали развиваться из микроспор, в пыльцевую камеру семязачатка (у голосеменных) или на рыльце пестика (у покрытосеменных). Лишь у немногих голосеменных (саговники, гинкго) в мужских заростках образуются многожгутиковые сперматозоиды, а у остальных, например у хвойных, и у всех покрытосеменных мужские гаметы — спермии — жгутиков не имеют.

Сперматозоиды достигают архегониев, двигаясь в выработанной самим растением жидкости. У семенных растений, имеющих спермии, последние идут к яйцеклеткам по пыльцевым трубкам, образуемым мужскими заростками. У покрытосеменных после опыления пыльцевое зерно образует пыльцевую трубку,

Рост пыльцевой трубки (*1* и *2*) и двойное оплодотворение (*3*) у цветкового растения: *РЛЦ* — рыльце; *СТ* — столбик; *ЗАВ* — завязь; *П.ЗАВ* — полость завязи; *ПЛЦ. З* — пыльцевое зерно; *ПЛЦ. Т* — пыльцевая трубка; *СЗЧ* — семязачаток; *ПКР* — покровы семязачатка; *НЦ* — нуцеллус; *СПР* — спермии; *З. М* — зародышевый мешок; *Я* — яйцеклетка; *Ц. КЛ* — центральная клетка зародышевого мешка; *ПВХ* — пыльцевход.



Важную роль в опылении растений играют насекомые.



которая, удлиняясь, растет между клетками рыльца и столбика, входит в полость завязи и, пройдя через пыльцевход семязачатка, врастает своим концом в зародышевый мешок. Здесь из вскрывшейся пыльцевой трубки выходят спермии (см. рис.). Один спермий сливается с яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу, дающую начало зародышу. Второй сливается с центральной клеткой зародышевого мешка, имеющей у большинства покрытосеменных два гаплоидных *ядра* или одно диплоидное (если ядра слились). После слияния центральной клетки со спермием ее ядро становится триплоидным. Этот своеобразный процесс, свойственный только покрытосеменным растениям, был впервые описан русским ученым С. Г. Навашиным (1898) и назван двойным оплодотворением. Из триплоидной клетки развивается многоклеточная запасающая *ткань* — вторичный эндосперм, питательные вещества которого используются зародышем на ранних стадиях его развития.

Оплодотворение, независимое от присутствия свободной воды, — одно из важнейших приспособлений семенных растений к существованию на суше.

Оплодотворение у многоклеточных животных заключается в слиянии двух гамет разного пола — сперматозоида и яйцеклетки. Сперматозоид вносит в яйцеклетку наследственный материал, содержащийся в его ядре. Место проникновения сперматозоида в яйцеклетку может определять расположение частей будущего организма. Например, у амфибий та часть яйцеклетки, в которую вошел сперматозоид, в ходе развития превратится в передний конец тела.

До того момента, когда один из сперматозоидов коснется поверхности яйцеклетки, последняя влияет на их поведение, выделяя определенные вещества. Они заставляют сперматозоиды двигаться быстрее или же, наоборот, склеивают и обездвиживают их (это необходимо, если сперматозоидов слишком много). Особенно активные взаимодействия начинаются, как только сперматозоид касается поверхности яйцеклетки. В течение нескольких секунд передняя часть сперматозоида превращается в трубочку, кончик которой склеивается с поверхностью яйцеклетки. Через эту трубочку в яйцеклетку вдавливается содержимое сперматозоида, и в том числе его ядро с наследственным материалом.

В яйцеклетке сразу же начинаются бурные изменения, которые внешне проявляются в том, что на ее поверхности образуется оболочка, препятствующая проникновению других сперматозоидов. Кроме того, в яйцеклетке происходят быстрые перестройки структур цитоплазмы, ответственных за синтез *белка:* процессы синтеза сразу же и во много раз ускоряются. Лишь после этого наследственный материал сперматозоида, вошедшего в яйцеклетку, объединяется с наследственным материалом ядра яйцеклетки. Материнские и отцовские *хромосомы* (носители наследственного материала) распределяются поровну по всем клеткам зародыша, образующегося из зиготы — оплодотворенной яйцеклетки.

ОРГАН

Орган (от греческого слова organon — орудие, инструмент) — это часть животного или растительного организма, выполняющая определенную функцию (например, сердце, печень у животных; корень, стебель у растений).

Каждый орган имеет определенное строение, форму и положение в организме, наиболее приспособленные для выполнения свойственной этому органу функции. Так, строение, форма и положение глаз способствуют наилучшему восприятию зрительной информации; строение, форма и положение почек — выделению из организма конечных продуктов обмена и поддержанию устойчивого состава *крови,* необходимых для существования организма.

Несколько органов, совместно выполняющих ту или иную функцию, образуют структурное и функциональное объединение — *систему* органов: *сердечно-сосудистую, нервную, дыхательную* и др. Благодаря тесной взаимосвя-

зи деятельности органов и их систем организм функционирует как единое целое.

Об органах растительных организмов см. ст. *Органы растений.*

ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ

У растений органом в широком смысле можно считать и одноклеточный гаметангий водоросли, и многоклеточный спорангий папоротника, и шишку хвойных, представляющую собой сложную систему видоизменившихся побегов, и цветок покрытосеменного растения и т. д. Основные органы — стебель, лист и корень.

Стебель с расположенными на нем листьями и почками называют побегом. Почки — это зачатки будущих побегов: в каждой из них можно обнаружить зачаточный стебель и зачаточные листья. Главная функция стебля — проведение веществ (см. *Ткань*). Тот участок стебля, на котором расположен лист, называют узлом, а участок между соседними узлами — междоузлием. Угол, образованный отходящим от узла листом и находящимся выше этого узла междоузлием, — это пазуха листа. Если на узлах находится по одному листу, то такое листорасположение называют очередным, если по два (обычно они сидят на стебле один против другого) — супротивным, а если по три и более — мутовчатым.

Побег имеет верхушечную почку, благодаря которой он растет в длину, и боковые почки, из которых развиваются побеги; так происходит ветвление. Обычно боковые почки бывают пазушными — расположенными на узлах в пазухах листьев, но могут быть и придаточными — на междоузлиях. У многих растений придаточные почки возникают также на корнях и даже на листьях. Почку с зачатками только стебля и листьев называют вегетативной, а содержащую также зачаток цветка или соцветия — генеративной.

Типичный лист, основные функции которого — *фотосинтез* и *транспирация,* состоит из листовой пластинки, черешка, прилистников и основания листа. У многих растений прилистники недолговечны, опадают, а у некоторых не развиваются вовсе. Лист, не имеющий черешка, называют сидячим. Листовая пластинка может быть цельной или в разной степени расчлененной, вплоть до возникновения отдельных листочков, сидящих на вершине черешка или на средней жилке, продолжающей черешок. Если эти листочки опадают каждый сам по себе, лист называют сложным в отличие от простых листьев, опадающих целиком, даже если их пластинки сильно расчленены. У листьев, расположенных в узлах супротивно или мутовкой, пазушные почки обычно образуются в пазухе каждого из них.

У растения, развившегося из зародыша, который находился в семени, самый нижний узел несет на себе первые листья — семядоли (или семядолю). Участок стебля, расположенный ниже этого узла и переходящий (в области так называемой корневой шейки) в главный корень, называют подсемядольным коленом (см. рис.).

Кроме главного корня, развивающегося из корешка зародыша, у растений могут быть и придаточные корни, которые возникают на подсемядольном колене и на других частях стебля (чаще в узлах), а у ряда растений — и на листьях. Ответвления главного и придаточных корней называют боковыми корнями. Совокупность всех корней растения составляет его корневую систему. Основные типы корневых систем — стержневая и мочковатая. Первая характеризуется мощным развитием главного корня, более или менее обильно ветвящегося.

Различные виды плодов у растений (*слева направо*): конский каштан; боярышник; барбарис; земляника.





А. Строение молодого двудольного растения, выросшего из семени: *УЗ* — узел; *МУ* — междоузлие; *П. Л* — пазуха листа; *В. П* — верхушечная почка; *П. П* — пазушная почка; *ПР. П* — придаточная почка; *С* — семядоля; *П К* — подсемядольное колено; *К. Ш* — корневая шейка; *Г. К* — главный корень; *ПР. К* —придаточный корень; *Б. К* — боковые корни. *Б.* Цветки с двойным (I) и простым (II) околоцветниками: *РЛЦ* — рыльце; *СТ* — столбик; *ПЛН* — пыльник; *Л. П. О* — листочек простого околоцветника; *ЛП* — лепесток; *ТЧ. Н* — тычиночная нить; *ЗВ* — завязь; *ЧШЛ* — чашелистик; *ЦТЛ* — цветоложе; *ЦТН* — цветоножка. *В.* Строение семязачатка покрытосеменного растения после двойного оплодотворения (I) и семян разных типов (II—VI). Запасные питательные вещества накапливаются: II — в семядолях зародыша (фасоль); III — во всех органах зародыша (пастушья сумка); IV — в эндосперме, окружающем зародыш (фиалка); V — в перисперме (кубышка); VI — в эндосперме, прилегающем к зародышу (зерновка — односемянной плод злака). *З. М* — зародышевый мешок; *Ц КЛ* — центральная клетка зародышевого мешка; *ЗИГ* — зигота; *ПВХ* — пыльцевход; *ПКР* — покровы семязачатка; *НЦ* — нуцеллус; *СМН* — семяножка; *ЗАР* — зародыш; *С. К* — семенная кожура; *ЭНД* — эндосперм; *ПЕР* — перисперм; *О. С. К* — околоплодник, сросшийся с семенной кожурой.





Черника. Растение с плодами.



У растений, имеющих мочковатую корневую систему, хорошо развиты придаточные корни, а главный развит не лучше или прекращает развитие. Основные функции корней — всасывание и проведение веществ (см. *Ткань*).

У многих растений некоторые из этих органов видоизменяются в связи с приспособлением к преимущественному выполнению функций, не типичных для этих органов. Так, ближайшая к корневой шейке часть главного корня (обычно вместе с подсемядольным коленом) может образовать корнеплод. Некоторые участки боковых корней, сильно утолщившись, могут превратиться в клубни. Стебли некоторых растений, функционально замещающие собой листья, уплощаются и даже становятся внешне похожими на них (например, у иглицы), настоящие же листья в этих случаях недолговечны или имеют вид мелких чешуек. У многих представителей семейства бобовых листовые пластинки частично или полностью превращаются в усики (фотосинтезируют здесь в основном прилистники). Листья целиком (барбарис) или лишь их прилистники (белая акация) могут превратиться в колючки. Очень своеобразны листья так называемых насекомоядных растений (см. *Метаморфоз, Мимикрия*).

У многих растений видоизменившиеся побеги превратились в корневища (ландыш, пырей), луковицы (лилия, лук), столоны с клубнями (картофель), колючки (боярышник), усики (виноград). Определить морфологическую природу тех или иных видоизменений основных органов можно, зная закономерности взаимного расположения и сочетания этих органов. Так, например, в пазухе колючки листового происхождения находится почка или развившийся из нее побег, а колючка, сидящая в пазухе листа или над листовым рубцом (после опадения листа), — это видоизменившийся побег. На побеге, превратившемся в клубень, можно обнаружить пазушные почки, расположение которых повторяет расположение листьев на стебле, а на клубне корневого происхождения могут быть лишь придаточные почки, расположенные без такой закономерности.

Цветок представляет собой специализированный, ограниченно растущий в длину репродуктивный побег. С ним связано осуществление сложных процессов, приводящих к образованию плодов и семян. Поэтому цветок нередко определяют как орган семенного размножения покрытосеменных растений.

В цветке (см. рис.) имеются стебель (цветоножка и завершающее ее цветоложе) и листья (развивающиеся на цветоложе части цветка). Если цветок полный, то по периферии его цветоложа расположены листочки околоцветника, глубже — тычинки, а в центральной части — плодолистики, образующие пестики или один пестик. Расположение листочков околоцветника, тычинок и плодолистиков на цветоложе, как и листьев на стебле вегетативного побега, может быть очередным (спиральным), супротивным и мутовчатым (круговым). Но бывает и так называемое полукруговое их расположение, например в цветке лютика: листочки околоцветника расположены кругами, а тычинки и плодолистики — по спирали. Если цветок не имеет околоцветника, его называют голым, если в нем нет тычинок — пестичным (женским), если нет плодолистиков — тычиночным (мужским), имеющий как тычинки, так и плодолистики — обоеполым.

Всякий околоцветник состоит из листочков. Если все его листочки более или менее одинаковы (независимо от того, сколько их, как они расположены на цветоложе, каковы их размеры и окраска), то такой околоцветник называют простым. Для двойного околоцветника характерно наличие двух типов листочков, различающихся формой, величиной, обычно и окраской; при этом листочки одного типа занимают краевое положение на цветоложе, а листочки второго расположены глубже, сразу же за листочками первого типа. В этом случае все однотипные листочки, расположенные по краю цветоложа, называют чашелистиками (в совокупности — чашечкой), а листочки другого типа, расположенные глубже, — лепестками (в совокупности — венчиком).

Тычинки и плодолистики называют также спорофиллами или споролистиками, поскольку на них развиваются спорангии, а в спорангиях — *споры*. Для семенных растений харак-

Брусника. Растение с цветками и плодами.



терна разноспоровость. Споры высших растений возникают в результате *мейоза,* следовательно, при этом диплоидная фаза цикла развития растения сменяется фазой гаплоидной (см. *Чередование поколений).* Из спор развиваются зáростки. Типичная тычинка (микроспорофилл) состоит из тычиночной нити, связника и пыльника; каждое из четырех гнезд пыльника — это микроспорангий, в котором образуются микроспоры (см. *Споры*), а из них начинают развиваться мужские зáростки (пыльцевые зерна), покидающие микроспорангий на двух- или трехклеточной стадии своего развития и завершающие его лишь после опыления.

Плодолистики (мегаспорофиллы покрытосеменных) формируют пестики. Пестик может быть образован одним плодолистиком, который как бы складывается вдоль средней жилки, а встретившиеся при этом его края срастаются; так внутри нижней части плодолистика возникает полость (полость завязи), а верхняя его часть, вытянувшись, может образовать столбик, завершающийся рыльцем, способным удерживать на своей поверхности пыльцевые зерна, попадающие на нее при опылении. Если столбик не выражен, рыльце называют сидячим. У растений, для которых характерны пестики, образованные каждый одним плодолистиком, в цветке обычно бывает несколько или даже много пестиков (например, у лютика), но может быть и один (например, у представителей семейства бобовых). У большинства же растений пестик в цветке один, но образован он двумя или несколькими сросшимися между собой плодолистиками.

На внутренней стороне стенки завязи развиваются семязачатки — от одного до многих сотен у разных растений. Центральная часть семязачатка — так называемый нуцеллус — представляет собой мегаспорангий, так как в нем образуются мегаспоры, из которых обычно лишь одна дает начало женскому заростку — зародышевому мешку, не покидающему мегаспорангия. Снаружи нуцеллус одет одним или двумя покровами (интегументами), оставляющими на вершине семязачатка узкий канал — пыльцевход. Одна из семи клеток зародышевого мешка — это яйцеклетка (имеющая гаплоидное *ядро),* а самая крупная его клетка — центральная — содержит либо два гаплоидных ядра, либо одно диплоидное, если ядра слились.

После двойного оплодотворения (см. *Оплодотворение)* семязачаток постепенно превращается в с е м я (см. рис.). При этом из покровов семязачатка, одевающих нуцеллус, развивается семенная кожура, из зиготы — зародыш, из триплоидной клетки — так называемый вторичный эндосперм — обычно многоклеточная запасающая ткань, питательные вещества которой поглощаются развивающимся зародышем либо еще при развитии семени, либо при его прорастании. В семенах некоторых растений основной запас питательных веществ для зародыша содержится в клетках сохраняющегося нуцеллуса (перисперм).

По мере развития семян из семязачатков завязь превращается в п л о д. Из стенки завязи формируется околоплодник, в котором обычно различают три слоя тканей. В зависимости от консистенции слоев околоплодника созревшего плода различают сухие и сочные плоды, а в зависимости от числа семян в плоде — многосеменные и односеменные. Сухие многосеменные плоды — коробочки, стручки, бобы; сухие односеменные — орехи, орешки, зерновки, семянки. Сочные многосеменные плоды — ягоды; сочные односеменные — костянки. Строение плодов способствует распространению созревающих в них семян. У некоторых растений в образовании плодов участвуют не только завязи, но и другие части цветков.

ОРГАНЫ ЧУВСТВ

Органами чувств называют специализированные рецепторные образования (см. *Рецепторы*), с помощью которых животные и человек воспринимают и анализируют разнообразные раздражения. *И. П. Павлов* назвал их анализаторами.

Каждый анализатор состоит из трех взаимосвязанных отделов — периферического, проводникового и центрального.

Периферический отдел состоит из рецепторов, представленных нервными окончаниями или специализированными нервными клетками, воспринимающими и частично анализирующими раздражитель. В рецепторах высших животных и человека при возбуждении возникают импульсы разной частоты и амплитуды, которые по центростремительным волок-

нам доставляются в соответствующую зону коры больших полушарий. Центростремительные волокна образуют проводниковый отдел анализатора.

Центральный отдел представлен нервными центрами ствола мозга и коры больших полушарий, где происходит окончательный анализ поступившей информации. На основе полученных сведений о состоянии внешней или внутренней среды центральная *нервная система* обеспечивает рефлекторную приспособительную деятельность. Человек с помощью анализаторов познает все многообразие окружающего мира. У него возникают ощущения, представления, сознание.

В ходе *эволюции* у животных образовались различные рецепторы, в зависимости от *среды обитания*.

Уже одноклеточные животные чувствительны к разным раздражителям. Но рецепторов у них еще нет. Видимо, восприятие раздражителя у простейших происходит особо чувствительными участками клеточной *мембраны*.

У многоклеточных животных есть специализированные рецепторные клетки. Это позволяет им быстрее и точнее реагировать на разные раздражения.

С развитием центральной нервной системы у животных устанавливается устойчивая связь между высокоспециализированными рецепторами и исполнительными органами.

У животных в большей степени развиты контактные рецепторы, возбуждающиеся при соприкосновении с раздражителями (например, вкусовые, тактильные). В ходе эволюции появились дистантные рецепторы, которые воспринимают раздражители на расстоянии (обонятельный, слуховой, зрительный). Организмы с дистантными рецепторами легче приспосабливаются к изменениям окружающей среды.

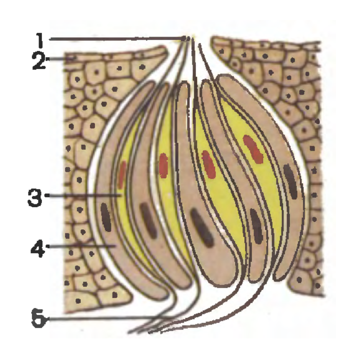


Рис. 1. Схема строения вкусовой почки: *1* — **вкусовая пора;** *2* — **эпителий языка;** *3* — **чувствительная клетка;** *4* — **опорная клетка;** *5* — **вкусовой нерв.**

Дальнейшее развитие рецепторных участков анализаторов связано с появлением вспомогательных структур, усиливающих действие соответствующего раздражителя и ограничивающих действие других. Например, звуки воспринимаются слуховыми клетками внутреннего уха. Вспомогательные структуры: ушная раковина, барабанная перепонка, слуховые косточки — усиливают звуковые колебания и обеспечивают восприятие только звуковых раздражителей.

Органы чувств достигли большого совершенства в своем развитии, они способны воспринимать раздражения очень небольшой силы. Так, обонятельные рецепторы возбуждаются при действии одной молекулы пахучего вещества.

В к у с о в о й и о б о н я т е л ь н ы й а н а л и з а т о р ы относятся к химическим рецепторам. Вероятно, они появились ранее других органов чувств, так как важны для поиска пищи, партнера, общения между особями.

У млекопитающих органы вкуса представлены вкусовыми почками на языке, состоящими из чувствительных клеток (рис. 1). Вкусовые почки открываются на поверхности языка порами. Многообразие вкусовых ощущений

ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ОСТРОТА ЗРЕНИЯ



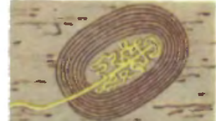
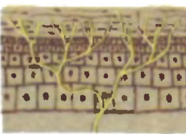
На остроте зрения отрицательно сказывается нехватка в пище витамина А, входящего в состав зрительного белка палочек, вследствие чего глаз утрачивает чувствительность при слабой освещенности. Развивается болезнь «куриная слепота». Подобные явления наблюдаются и при употреблении алкогольных напитков, разрушающих витамин А.

Для сохранения остроты зрения необходимо использовать в пищу продукты, содержащие витамин А (см. *Витамины*).

Сохранить зрение помогает правильная освещенность рабочего места. На рабочем месте лучше устанавливать индивидуальные светильники с лампами в 60—100 Вт, закрытые светонепроницаемыми абажурами, защищающими глаз от прямого попадания света, а на очень сильные лампы делать отражатели и рассекатели светового потока. При письме для правшей светильники рекомендуется ставить слева, чтобы тень от руки не закрывала написанное.

Чтобы сохранить зрение, не следует читать в транспорте, лежа и располагать текст, нарушая рекомендуемое расстояние от глаз — 30—35 см, что приводит к перенапряжению мышц радужки, хрусталика, глазодвигательных мышц и утомлению глаз.

Установлено, что зеленый и желтый цвета понижают внутриглазное давление, обостряют зрение, делают его устойчивым, красный оказывает противоположное действие. Поэтому рабочие места рекомендуется окрашивать в спокойные тона, стимулирующие работоспособность, и избегать раздражающих, снижающих ее.

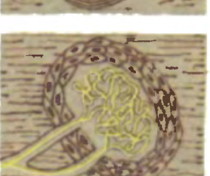
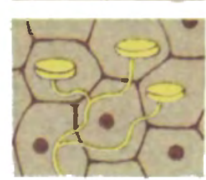



Рис. 2. Схема строения рецепторов кожи.

возникает путем смешения только четырех компонентов: горького, соленого, кислого и сладкого. Раздражение вкусовых рецепторов помогает определить качество пищи и оказывает рефлекторное влияние на выработку пищеварительных соков.

Органы обоняния у млекопитающих расположены в эпителии верхних частей носа в виде обонятельных луковиц, которые возбуждаются пахучими веществами (см. рис. на с. 264). Возбуждение далее передается через подкорковые центры в кору больших полушарий, где и происходит окончательный анализ биологической значимости запахов. Так, многие млекопитающие выделениями специальных желёз маркируют границы охотничьих территорий, по запахам узнают особей своего вида и т. д. Обоняние в жизни человека играет гораздо меньшую роль, чем у животных. Однако у парфюмеров, дегустаторов и людей, потерявших зрение и слух, обоняние развивается и становится очень острым.

Кожный анализатор. В коже находятся рецепторы, чувствительные к прикосновению, давлению, теплу, холоду и боли (рис. 2). Рецепторы, воспринимающие прикосновение и давление, называются тактильными или осязательными.

У беспозвоночных развит осязательный волосок, который легко возбуждается при его

ОПЫТЫ СО ЗРАЧКОМ И ХРУСТАЛИКОМ



Регулируют ширину отверстия зрачка центры среднего мозга. Если освещенность сетчатки слишком сильная, нервные импульсы достигают центра среднего мозга, и он рефлекторно вызывает сужение зрачка до того момента, когда освещенность сетчатки обеспечит четкое и контрастное изображение. Если же освещенность сетчатки недостаточна, зрачок рефлекторно расширяется, и она повышается, в результате достигается яркость изображения. Сужение или расширение зрачка происходит одновременно в левом и правом глазу, так как нервные импульсы, идущие от среднего мозга, приходят одновременно и в левый и в правый глаз. На этой закономерности и основан опыт.

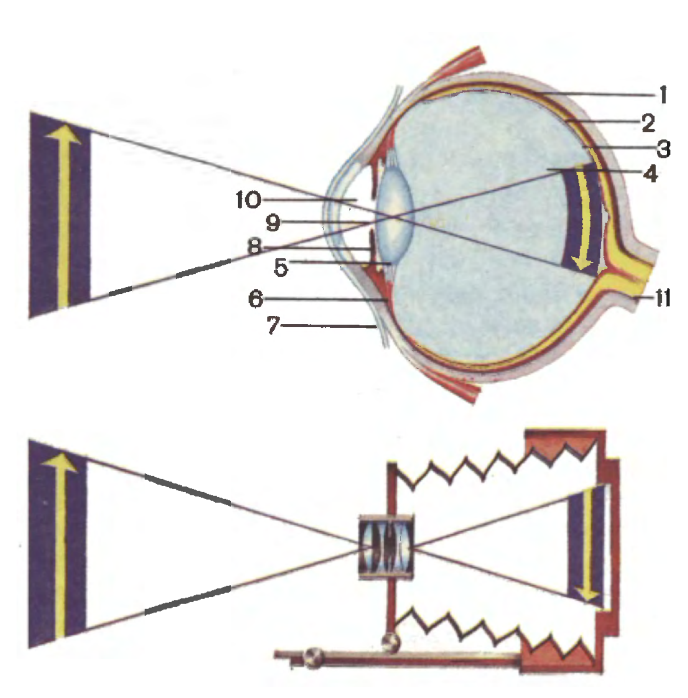
Вырежьте из черной бумаги квадрат размером 4×4 см. В его середине иглой проколите точечное отверстие. Закройте правый глаз, а левым посмотрите через точечное отверстие на какой-нибудь хорошо освещенный предмет, например окно или белую стену в хорошо освещенной комнате. Запомните диаметр отверстия. Теперь откройте правый глаз, продолжая следить левым за величиной отверстия. Вам покажется, что это отверстие сузилось, стало меньше. Это произошло потому, что сетчатка правого открывшегося глаза оказалась слишком сильно освещенной. Импульсы от рецепторов сетчатки правого глаза дошли до центров среднего мозга, и он рефлекторно сузил зрачки в правом и левом глазу одновременно. Вследствие этого и произошла иллюзия. На самом деле не отверстие в бумаге стало уже, а сузился зрачок.

Продолжим опыт. Закройте правый глаз, а левым продолжайте следить за изменением диаметра отверстия. Вскоре станет заметно, как это отверстие вновь расширилось. Под влиянием темноты зрачки рефлекторно расширились и в правом и в левом глазу.

Изменение кривизны хрусталика также осуществляется средним мозгом. В зависимости от того, на близкие или далекие предметы мы смотрим, хрусталик становится то более, то менее выпуклым. Эти процессы происходят рефлекторно, без участия сознания. Такие рефлексы относятся к безусловным: с ними человек рождается.

Возьмите полиэтиленовую пленку и на ней напишите фломастером несколько цифр или букв. Затем встаньте так, чтобы вам хорошо был виден циферблат настенных или настольных часов. Отойдите от них подальше, но так, чтобы четко были видны цифры и положение стрелок. Один глаз закройте. Посмотрите на часы через полиэтиленовую пленку, на которой написаны цифры. Ее надо держать на расстоянии 20—30 см от глаз. Время на часах можно рассмотреть четко, а цифры на полиэтилене кажутся размытыми, так как хрусталик стал менее выпуклым, он «настроен» на восприятие дальних объектов. Теперь переведите взгляд на цифры, которые находятся на полиэтиленовой пленке. Они становятся четкими, но циферблат часов кажется размытым. Хрусталик стал более выпуклым, и на сетчатке четко проецируются изображения близких предметов.

Рис. 3. Схема строения глаза человека и изображение предметов на сетчатке: *1* — белочная наружная оболочка; *2* — сосудистая оболочка; *3* — сетчатка; *4* — стекловидное тело; *5* — хрусталик; *6* — ресничная мышца; *7* — роговица; *8* — радужная оболочка; *9* — зрачок; *10* — водянистая влага (передняя камера); *11* — зрительный нерв. *Внизу* — отражение предмета на сетчатке, подобно тому, которое дает оптическая система фотоаппарата.



деформации от прикосновения или движения воздуха. В коже позвоночных развиваются многочисленные тактильные рецепторы. Тактильные окончания на голове рыб и орган боковой линии возбуждаются при смещении воды вдоль тела. Тактильные рецепторы обнаружены в коже земноводных и пресмыкающихся, особенно в околоротовой области и в конечностях. У птиц и млекопитающих тактильные рецепторы расположены у основания пера или волоса. У человека высокую тактильную чувствительность имеют отдельные участки кожи, например пальцев рук, ног; губы, язык.

Терморецепторы есть у всех животных, но они мало изучены. У человека различают тепловые и холодовые рецепторы. Больше всего их в коже лица и шеи. Информация от терморецепторов включает рефлекторно механизмы терморегуляции, обеспечивая постоянную температуру тела.

Болевая чувствительность имеет особое значение для выживания организма. Чаще болевые ощущения возникают при действии сильных механических, термических, световых и других раздражителей и при раздражении свободных нервных окончаний. У человека на поверхности тела насчитывается около 1 млн. болевых точек.

З р и т е л ь н ы й   а н а л и з а т о р — важнейший из всех органов чувств. Он дает 90% всей информации, поступающей в мозг человека от всех рецепторов. В ходе эволюционного развития световоспринимающие органы совершенствовались.

Впервые отдельные светочувствительные клетки появились у кишечнополостных животных; у медуз они находятся на щупальцах и по краю купола. У червей они расположены по всей поверхности тела; у некоторых червей имеются скопления их в головной части. У моллюсков кроме светочувствительных рецепторов глаз имеется простейший оптический аппарат, который преломляет поток световых лучей, делая изображение в глазу более четким. У насекомых большого развития достигли сложные фасеточные глаза, которые состоят из нескольких тысяч отдельных световоспринимающих образований и неподвижной линзы. Такой глаз не дает единого изображения, а создает мозаику из тысячи изображений, полученных каждым отдельным элементом сложного глаза.

У некоторых беспозвоночных, но главным образом у позвоночных, и особенно у человека, развиваются глаза камерного устройства (рис. 3). Камерный глаз имеет шарообразную форму, внутри его находятся светопреломляющие вспомогательные образования и светочувствительные рецепторы.

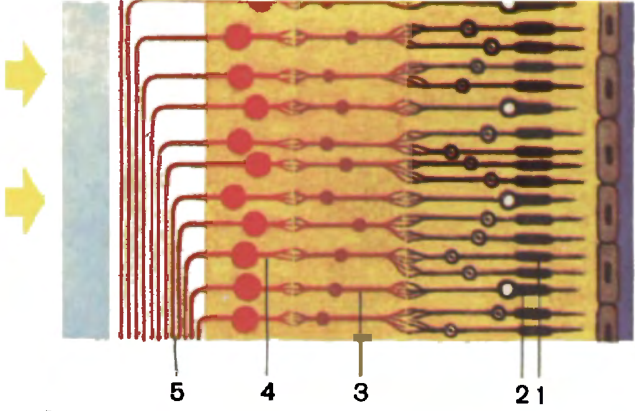
Глаз состоит из белочной оболочки, которая в передней части образует прозрачную роговицу, через нее проходит свет. С помощью прибора — офтальмоскопа можно осмотреть внутреннюю камеру глаза. Под белочной располагается сосудистая оболочка, которая в переднем отделе образует пигментированную радужную оболочку и зрачок. Внутренняя оболочка — сетчатка состоит из палочек, колбочек и нервных клеток, от которых возбуждение идет в головной мозг. Позади радужной оболочки на связках находится хрусталик, погруженный в водянистую влагу. За хрусталиком располагается прозрачное стекловидное тело, которое заполняет внутреннюю часть глазного яблока.

Роговица, водянистая влага, хрусталик, стекловидное тело преломляют ход световых лучей, и на сетчатке глаза возникает уменьшенное обратное изображение видимого предмета.

Сетчатка позвоночных имеет сложное строение, она состоит из нервной ткани и является частью мозга, выдвинутого на периферию (рис. 4). Сетчатка состоит из палочек и колбочек. Палочки обладают очень большой чувствительностью. Они теоретически могут «увидеть» свечу на расстоянии 200 км. Палочковое зрение хорошо развито у животных, ведущих ночной образ жизни (например, у сов). Колбочки хорошо функционируют при дневном свете. Их много у животных дневного образа жизни (например, у кур). У человека в сетчатке 6—7 млн. колбочек и 110—125 млн. палочек.

Цветовое зрение объясняют наличием колбочек, чувствительных к красному, зеленому и фиолетовому цветам. Смешение всех спектральных цветов дает белый цвет.

Рис. 4. Схема строения сетчатки глаза человека: *1* — палочки; *2* — колбочки; *3* — биполярные нейроны; *4* — ганглиозные нейроны, отростки которых образуют зрительный нерв (*5*). Стрелки показывают направление световых лучей.



Фотохимические процессы в палочках и колбочках очень сложны. Под воздействием света происходит цикл фотохимических и фотофизических превращений зрительного *пигмента* с обязательным участием *витамина* А. Если витамина А в организме недостаточно, то восприятие света нарушается. Фотохимические процессы в сетчатке — лишь начальный процесс в цепи трансформации световой энергии в нервное возбуждение, которое по зрительным нервам доходит до коры больших полушарий и там анализируется (рис. 5).

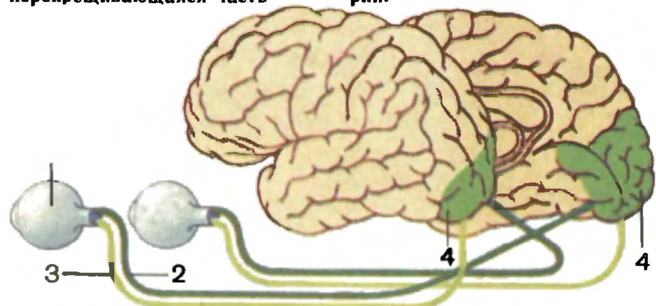
Слуховой анализатор. Орган слуха имеет большое значение для ориентации животных в окружающей среде. Особенно важное значение слуховой анализатор приобрел у человека в связи с развитием речи.

В ходе эволюции развились рецепторы, способные воспринимать звуки. Так, членистоногим органом слуха служат особые мембраны, в связках которых находятся рецепторные клетки. У рыб органом слуха являются структуры овального мешочка в основании лабиринта (лагена). У амфибий, рептилий на лагене развиваются специальные слуховые рецепторы. У птиц, а затем у млекопитающих канал лагены изгибается и закручивается, образуя улитку внутреннего уха.

Орган слуха человека состоит из наружного, среднего и внутреннего уха (рис. 6).

Ушная раковина концентрирует звуки, направляя их в слуховой проход к барабанной перепонке, отделяющей наружное ухо от среднего. Колебания барабанной перепонки передаются через заполненную воздухом полость среднего уха слуховым косточкам, молоточку, наковальне и стремечку и далее мембране овального окна. При этом давление звуковых волн увеличивается в 30 раз, что облегчает колебания жидкости во внутреннем ухе.

Рис. 5. Схема зрительного анализатора человека: *1* — глаз; *2* — перекрещивающаяся часть зрительных путей; *3* — неперекрещивающаяся часть зрительных путей; *4* — мозговой конец зрительного анализатора в затылочной области коры больших полушарий.



С помощью евстахиевой трубы, соединяющей полость среднего уха с носоглоткой, давление в среднем ухе уравнивается с атмосферным, что облегчает колебания барабанной пе-

КАК СОХРАНИТЬ СЛУХ



К снижению слуховой чувствительности и даже полной утрате слуха, особенно в подростковом возрасте, ведут постоянные шумовые воздействия, и в том числе очень громкое исполнение музыки.

Резкое снижение слуха было отмечено у исполнителей и у постоянных слушателей чрезмерно сильно звучащей музыки. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, барабанная перепонка сначала сильно растягивается, а затем утрачивает эластичность, что затрудняет восприятие слабых звуков. Во-вторых, слуховые *рецепторы* и соответствующие центры переднего мозга перевозбуждаются.

У человека чувствительность здорового органа слуха восстанавливается спустя 10—15 с после прекращения сильного звукового воздействия, а длительные сильные шумы увеличивают этот период. Особенно опасны они для школьников, когда психика еще недостаточно сформировалась и окрепла, так как приводят к стойкому перевозбуждению нервной системы, психическим заболеваниям и общему ослаблению организма.

Защитить уши от повреждения сильной звуковой волной, например, при взрывных работах, близком выстреле пушки, можно, открыв рот перед взрывом. Давление воздуха в этом случае с обеих сторон барабанной перепонки выравнивается через евстахиевы трубы.

Нельзя использовать для удаления ушной серы проволоку, острые предметы, которыми можно повредить барабанную перепонку.

Не рекомендуется излишне сильно кашлять, чихать, сморкаться: можно повредить барабанные перепонки и органы внутреннего уха, внести инфекцию.

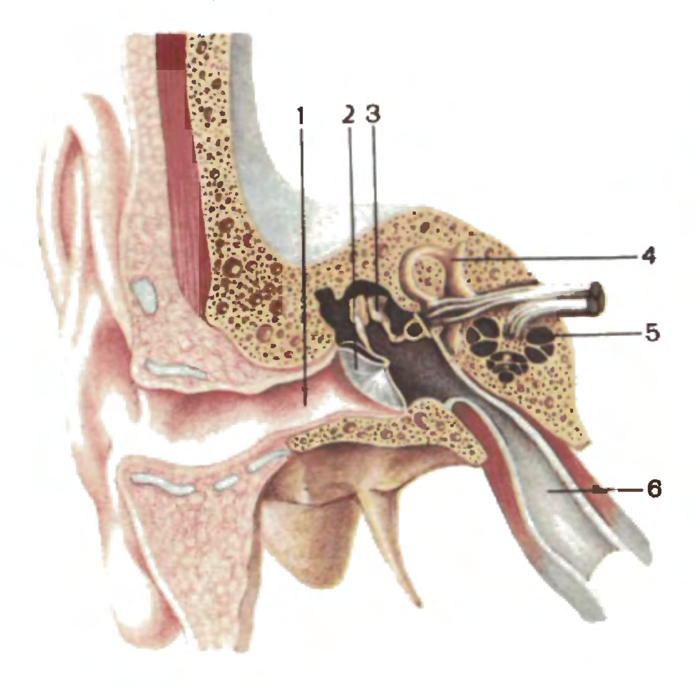


Рис. 6. Схема строения органа слуха человека: *1* — **слуховой проход;** *2* — **барабанная перепонка;** *3* — **слуховые косточки среднего уха;** *4* — **полукружные каналы;** *5* — **улитка;** *6* — **евстахиева труба.**

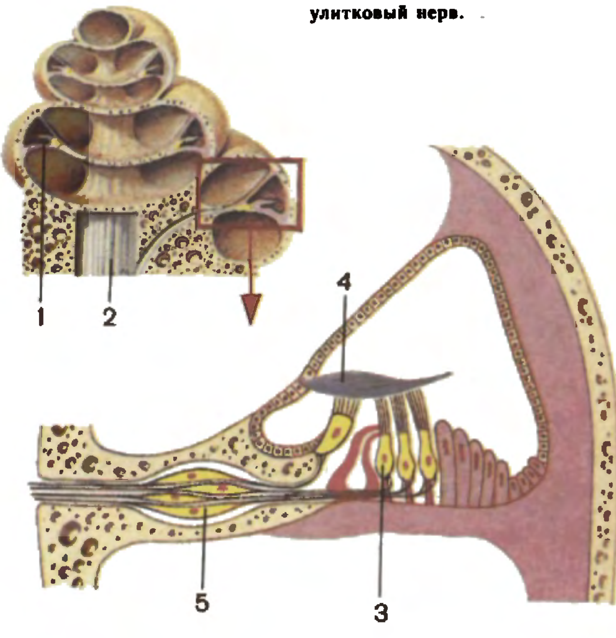
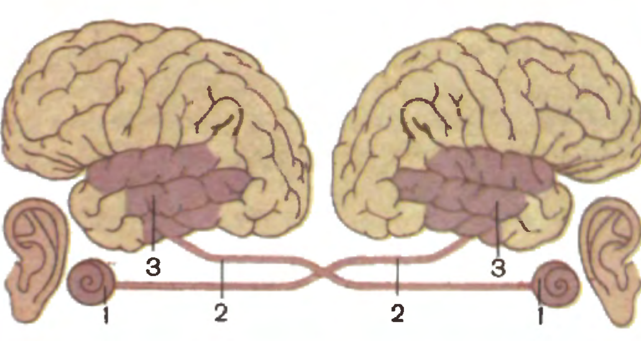


Рис. 7. Схема строения улитки (поперечный разрез): *1* — **основная мембрана;** *2* — **слуховой нерв.** *Внизу* — **строение кортиевого органа:** *3* — **волосковые рецепторные клетки;** *4* — **покровная мембрана;** *5* — **улитковый нерв.**

Рис. 8. Схема слухового анализатора человека: *1* — **слуховые рецепторы кортиева органа;** *2* — **слуховые нервы;** *3* — **мозговые концы слухового анализатора в височной области коры больших полушарий.**



репонки. На границе среднего и внутреннего уха имеется круглое окно с мембраной. Если бы его не было, колебания жидкости в улитке из-за ее несжимаемости были бы невозможны. Во внутреннем ухе имеется костный лабиринт, а в нем перепончатый, заполненный лимфой (рис. 7). Канал улитки разделен как бы на два этажа основной мембраной, состоящей из отдельных волокон разной длины. Самые длинные волокна располагаются на вершине улитки, а самые короткие — у основания. На волокнах основной мембраны находятся слуховые волосковые клетки, входящие в состав кортиева органа (рис. 7). Соприкасаясь при колебании жидкости с покровной мембраной, они возбуждаются. Волосковые клетки на вершине улитки воспринимают низкие звуки, у основания — высокие. От волосковых клеток возбуждение по слуховому нерву идет в височную область коры больших полушарий (рис. 8)

Человек может воспринимать звуки с частотой от 16 до 20 000 Гц. Для слуха вредны слишком громкие звуки.

Вестибулярный анализатор играет большую роль в пространственной ориентации и в поддержании равновесия тела.

Беспозвоночные животные получают сигналы о движении тела в пространстве от специальных органов равновесия — статоцистов и внутриклеточных включений — статолитов типа отолитов, которые своей тяжестью раздражают рецепторные клетки.

Позвоночные животные определяют положение и движение тела с помощью вестибулярного аппарата (рис. 9). Он состоит из трех полукружных каналов, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях. У ос-

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СЛУХА

Возьмите часы и медленно приближайте их к уху до момента, когда станет слышно едва заметное тиканье. Найденное расстояние измерьте в сантиметрах. Чем больше расстояние звучащего предмета до уха, тем выше слуховая чувствительность и ниже слуховой порог. Под слуховым порогом понимают силу раздражения, которое вызывает едва заметное ощущение. При проведении этого опыта глаза должны быть закрыты.

Продолжим опыт. Приблизьте часы к самому уху и медленно отводите их до того момента, пока не прекратится звук. Снова измерьте расстояние между звучащим предметом и ухом. Как правило, оно будет большее, чем в первом случае. Это происходит от того, что нервная система настроилась на восприятие данного раздражителя. Благодаря этому произошло повышение слуховой чувствительности.

Рис. 9. Схема строения вестибулярного аппарата человека (внешнее): *1, 2, 3* **— полукружные каналы;** *4* **— отолитовы мешочки;** *5* **— улитки.**

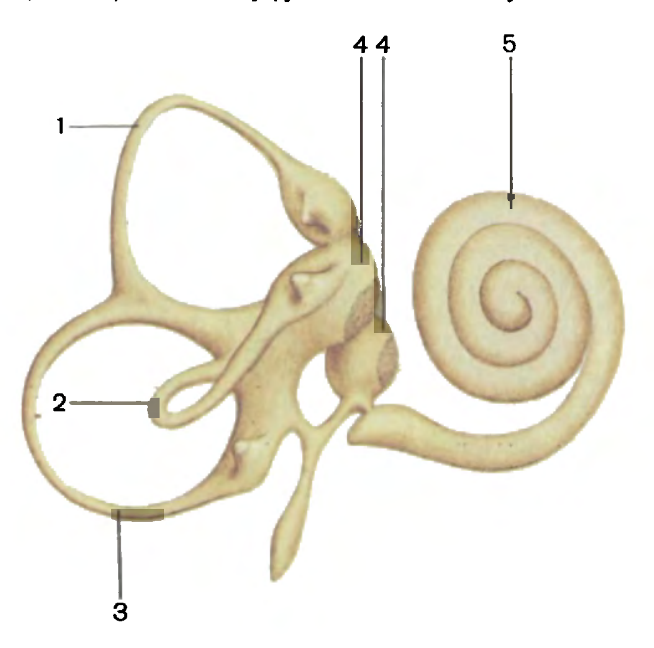
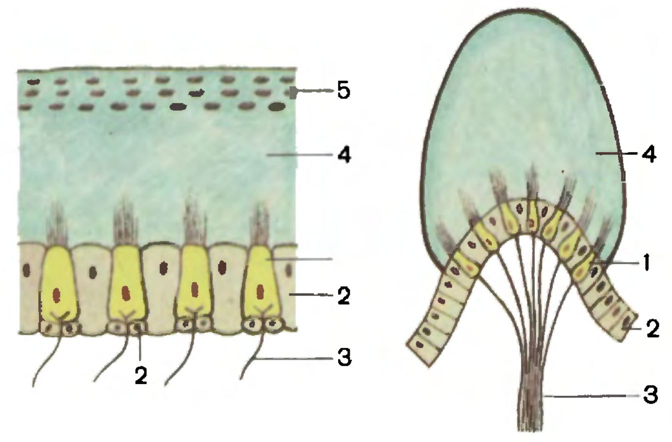


Рис. 10. Схема строения вестибулярных рецепторов человека. *Слева* **— рецепторы отолитова мешочка,** *справа* **— рецепторы полукружных каналов:** *1* **— волосковые чувствительные клетки;** *2* **— опорные клетки;** *3* **— волокна вестибулярного нерва;** *4* **— студенистая масса;** *5* **— отолиты.**



нования канала образуются расширения, внутри которых находятся волосковые клетки, погруженные в студенистую массу (рис. 10). В ней имеются известковые кристаллы — отолиты. При изменении линейного ускорения тела или наклоне головы волосковые клетки воспринимают изменение направления движения студенистой массы. Полукружные каналы заполнены лимфой, в них тоже есть волосковые клетки, которые ощущают смещение жидкости при вращении. Импульсы от волосковых клеток отолитовых мешочков и полукружных каналов вызывают через вестибулярный нерв и височную область коры больших полушарий рефлекторное перераспределение напряжения (тонуса) мышц скелетной мускулатуры.

При сильных раздражениях вестибулярного аппарата могут возникать нарушения деятельности *сердечно-сосудистой, пищеварительной* и других *систем.*

Чувствительность вестибулярного аппарата уменьшается при специальной тренировке, особенно необходимой космонавтам, летчикам, спортсменам.

Двигательный анализатор представлен механорецепторами мышц, сухожилий, суставных сумок, которые возбуждаются при движении или изменении тонуса мышц. Информация поступает в центральную нервную систему, обеспечивающую рефлекторную координацию движений.

Висцеральный анализатор. Во внутренних органах имеются различные рецепторы, воспринимающие изменения внутренней среды организма. К ним относятся механорецепторы, хеморецепторы, терморецепторы, болевые рецепторы и др. Информация от внутренних рецепторов идет в центральную нервную систему, оказывая влияние на самочувствие и настроение человека.

ОХРАНА ПРИРОДЫ

Охрана природы — комплекс мероприятий, охватывающих охрану, рациональное использование и восстановление объектов живой и неживой природы.

Вот только несколько тревожных фактов. Из недр Земли ежегодно изымается 100 млрд. т минералов (25 т на человека). Из них более 90% идет в отбросы. Количество кислорода, потребляемого отдельными странами, уже превышает выработку его растениями этих стран. Дождевой тропический лес (главные «легкие» Земли) уничтожен более чем на 40%. Вырубка его продолжается со скоростью более 20 га в минуту! Под угрозой исчезновения сейчас почти 1 тыс. видов животных и 25 тыс. видов растений. Главные причины этого — разрушение среды обитания, чрезмерная добыча, подавление местных видов животными, переселенными человеком из других географических районов, и отравление окружающей природной среды химическими веществами. Человечество, накопив неслыханную техническую мощь, не перестает стремиться к выгоде сегодняшнего дня. Это влечет за собой оскудение земных богатств и подрывает основу жизни.

Конфликт человека с природой возник не вдруг. Он нарастал постепенно. Еще наши предки заметили, что при чрезмерном увеличении поголовья домашнего скота на ограниченной территории тучные пастбища превращаются в пустыни. Бездумная охота, выжигание лесов, истребление рыбы в водоемах нередко оставляли людей без необходимых для жизни средств. Поэтому даже в древние времена лю-

Лесники совершают обход своего участка.



Прививка кедра на сосну позволяет добиться продвижения этого ценного растения в новые районы. Воронежский государственный заповедник.



ди заботились о разумном использовании природных богатств, о сохранении и приумножении их. Появлялись запреты на лов зверей, потраву пастбищ, вырубку леса. Стали выделять заповедные земли, охранять и размножать ценных зверей и птиц. То были первые слабые попытки соразмерить использование природных ресурсов с их охраной и восстановлением. Однако равновесие не было достигнуто. И природа, а вместе с ней человечество, как неотъемлемая ее часть, несли все больший ущерб.

К началу XX в. стало очевидно, что необходимо принимать специальные и действенные меры. Первый Международный съезд по охране природы состоялся в 1913 г. Но проблема оскудения Земли продолжала обостряться. Во второй половине нашего столетия она стала в один ряд с другими, тесно взаимосвязанными глобальными проблемами: спасение мира от ядерной катастрофы, охрана окружающей среды, увеличение количества людей на Земле (демографический взрыв), борьба с голодом, преодоление энергетического кризиса. Дело охраны природы, как и дело мира, касается каждого человека на Земле, зависит от его разума, активности и доброй воли. Оно требует усилий всех государств и народов.

Только глубокое знание законов природы, правильное применение их на практике, всеобщее естественнонаучное просвещение и воспитание дадут человечеству возможность преодолеть то бедствие, которое называют сейчас экологическим кризисом, т. е. последовательное оскудение природы, грозящее гибелью многим видам растений и животных, а в конечном счете подрывающее базу существования человечества. Опыт ряда стран, и в первую очередь социалистических, международное сотрудничество уже показали, что при научно обоснованной организации охраны природных богатств и рациональном их использовании можно преодолеть многие экологические трудности.

В конце 40-х гг. по инициативе прогрессивных ученых-биологов разных стран был создан Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП). Союз учредил Международную Красную книгу редких и исчезаю-

щих видов животных. Этот тревожный список призывает все государства принять срочные меры для спасения терпящих бедствие видов. Многие страны его восприняли как руководство к действию. В этой книге ученые дают рекомендации — что нужно предпринять для сохранения того или иного вида.

Чтобы лучше учесть состояние редких видов, возникла необходимость создать подобные книги в отдельных странах. Причем важно было широко оповещать население о тревожных списках. В 1978 г. вышла Красная книга СССР. В ряде союзных республик созданы свои Красные книги. В нашей стране они стали действенным руководством в охране редких животных и растений.

По решению ООН ежегодно 5 июня отмечается Международный день охраны окружающей среды. На 14-й ассамблее МСОП, которая состоялась в г. Ашхабаде в 1978 г., принят важный документ «Всемирная стратегия охраны природы». Он призывает каждое государство, каждого человека на Земле принять активное участие в претворении в жизнь разработанной ведущими учеными мира стройной системы мер, которые направлены на сбережение и приумножение природных ресурсов — создание видового разнообразия животных и растений, охрану недр, вод, лесов, широкую пропаганду экологических знаний.

Специалисты изучают по следам жизнь лесных обитателей.



В нашей стране накоплен большой опыт в деле сбережения и приумножения природных ресурсов. В советское время спасены от полного истребления и восстановили свою численность такие ценные животные, как соболь, бобр, лось, сайгак и др. Некогда бесплодные районы обводнены, покрыты полезащитными лесными полосами, превращены в плодородные земли, ведется восстановление лесов на обширных территориях. Учреждаются новые заповедники и заказники для охраны ценных ландшафтов, растительности и животного мира.

Сейчас в СССР более 140 государственных заповедников в различных географических зонах. Общая площадь этих охраняемых территорий, выключенных из хозяйственной деятельности, свыше 12 млн. га. Заповедники сохраняют эталоны природы, уникальные ландшафты, ценные виды растений и животных, ведут важную научно-исследовательскую работу и активно пропагандируют идеи рационального использования природных богатств.

Создана система глобального экологического *мониторинга,* т. е. регулярных исследований и контроля за изменениями окружающей среды в результате хозяйственной деятельности человека. Она позволяет вовремя принять срочные меры и приостановить нежелательные процессы — загрязнение воздуха, воды, почв, оскудение растительного и животного мира.

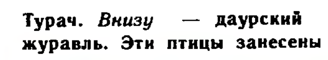
Развитие народного хозяйства немыслимо без использования природных ресурсов. Сейчас мы твердо знаем, что все природные ресурсы исчерпаемы. Среди них есть такие, которые можно восстановить (леса, воздух, вода, почвы, ресурсы рыбы, промысловых животных и др.), а есть ресурсы невосстановимые (уголь, нефть, минералы и т. д.). Поэтому, говоря об охране природных богатств, мы в первую очередь имеем в виду их рациональное использование.

Все природопользование условно можно разделить на три направления: сельскохозяйственное, промышленное (включая добывающую промышленность) и лесо-охотничье (с выделением охранных территорий).

Плодородная земля — основа сельского хозяйства. Охрана почв от разрушения (эрозии), повышение их плодородия — важнейшая задача земледельца. Ученые доказали, что плодородие почв можно не только сохранять, но и повышать, урожайность сельскохозяйственных культур увеличивать. Но продуктивность земледелия зависит не только от плодородной почвы и хорошего сорта. Важны и своевременная уборка, и правильное, бережное хранение конечного продукта, а также его переработка и полное использование.

Дрофа. Красная книга СССР.





Турач. ***Внизу*** **— даурский журавль. Эти птицы занесены в Красную книгу СССР и охраняются законом.**



Журавли серый и стерх ***(справа)*****. Стерх — редчайшая птица, занесенная в Красную книгу СССР. Окский государственный заповедник.**





Участок целинной ковыльной степи. Центрально-Черноземный заповедник имени В. В. Алехина.



Авдотка. Красная книга СССР.



Розовая чайка. Красная книга СССР.





Черный аист. Красная книга СССР.

Во многих водоемах нашей страны белая кувшинка стала редким растением. Ее нужно всячески охранять.
Справа — в Лапландском государственном заповеднике. Мурманская область.







Ребята из школьного лесничества заботливо ухаживают за молодыми посадками, изучают их развитие.

ЮНЫЕ ЗАЩИТНИКИ ПРИРОДЫ



Многое делается у нас в стране для того, чтобы чистыми были реки, леса, воздух, чтобы природа, продолжая давать человеку то, что ему необходимо, не переставала и радовать его своей красотой, постоянно воспроизводила свои богатства. Ради этого работают ученые самых разных специальностей. Но и на школьной скамье можно внести весомый вклад в важнейшее дело охраны природы.

Многие пионеры и школьники нашей страны — члены голубых и зеленых патрулей, школьных лесничеств. Они помогают взрослым оберегать реки и леса, приумножать их богатства.

Голубые патрули организуются при станциях юных натуралистов, школьных лесничествах, дворцах и домах пионеров, при школах и первичных организациях Общества *охраны природы*. Забота ребят — изучение и охрана рыбных богатств в окрестных реках и озерах, наблюдение за чистотой водоемов. Дел у членов голубого патруля немало в любое время года. Весной, когда под жаркими лучами солнца пересыхают мелкие речки, ручейки и протоки, ребята спасают мальков, прорывают специальные каналы от пересыхающих водоемов к основному руслу реки, чтобы рыба могла уйти на глубокую воду. Весной же они сооружают для различных видов рыб искусственные нерестилища и охраняют рыбу в то время, когда идет нерест. В зимнюю стужу голубой патруль тоже не сидит без дела. Толстый слой льда закрыл реки и озера, в воду не поступает кислород из воздуха, — значит, надо делать во льду проруби, иначе рыба задохнется.

Вдобавок ко всему этому голубые патрули проводят работы по озеленению берегов рек, озер, искусственно сооруженных для рыборазведения водоемов. По заданию ученых-ихтиологов ребята проводят опыты по акклиматизации рыб в новых для них условиях, пробуют свои силы и в разведении новых видов рыб.

Еще одна важная практическая деятельность голубых патрулей — активная помощь рыбнадзору в сохранении рыбных богатств.

Ребята, входящие в голубой патруль, носят свои знаки различия. У дозорных патруля голубая повязка с двумя белыми волнистыми линиями. В дозор обычно входят 2—3 человека. На повязке командира дозора кроме волнистых линий есть красная звездочка. Отряд голубого патруля состоит из 4—5 дозоров, и на повязке командира отряда 2 красные звездочки. Двумя или тремя отрядами руководит штаб голубого патруля. Начальник штаба носит на повязке 4 красные звездочки, его заместитель — 3.

Немало дел и у членов зеленых

Муравьи — санитары леса. Охраной муравейников занимаются члены многих зеленых патрулей и школьных лесничеств. *На снимке* ребята ограживают муравейник. Березинский государственный заповедник.



Юные друзья птиц не забывают подкармливать их зимой.



Рациональность промышленного природопользования состоит в том, чтобы бережно использовать невосстановимые ресурсы. Но это тоже не все. Надо искать им замену. Налаживать безотходное производство и бороться за чистоту окружающей среды, не допускать ее загрязнения.

патрулей. Они изучают и охраняют растительные богатства нашей страны, озеленяют города, поселки, деревни, берега рек, озер и каналов. Ребята стараются привлечь птиц в те места, где их раньше не было, помогают взрослым в борьбе с эрозией почв, выступают перед местным населением с лекциями о необходимости бережно относиться к зеленым богатствам, охранять их.

Как и члены голубых патрулей, зеленые патрули имеют свои знаки различия. Только немного другие. В дозор зеленого патруля входят 6—7 человек. На повязке дозорного — сложенные крестом 2 дубовых листа. На повязке командира дозора к дубовым листьям прибавляется звездочка. Работа зеленых дозоров подчиняется решениям штаба зеленых патрулей, состав которого утверждается советом пионерской дружины или комитетом комсомола школы. На повязке начальника штаба 2 дубовых листа и 3 звездочки, на повязке его заместителя на звездочку меньше.

У голубых и зеленых патрулей немалые возможности. По поводу всех обнаруженных ими случаев нарушения принятых государством законов об охране природы (с указанием имен конкретных нарушителей) они могут обращаться в районные комитеты партии и комсомола, местные отделения Общества охраны природы.

Эти дрофы выведены в инкубаторе. Подросших птиц выпустят в природу.



Зубры в Приокско-Террасном государственном заповеднике.

Ленинское отношение к природе — вот наш девиз. В. И. Ленин подписал около 100 законодательных актов по природопользованию. Среди них — декреты о земле и лесах. Эти документы послужили основой системы законодательства по охране, использованию и приумножению природных ресурсов.

Охрана природы, бережное отношение к ней — конституционный долг каждого гражданина нашего государства. В статье 18 Конституции СССР записано: «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды».

В СССР приняты основы земельного, лесного и водного законодательства, а также законодательства о недрах. Действуют законы об охране и использовании животного мира, об охране атмосферного воздуха и ряд постановлений правительства о мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов. Темы охраны природы включены в учебные программы средних школ, ПТУ, техникумов и вузов.

Многое в области изучения природы, ее охраны и обогащения делают пионеры и школьники страны — и это очень важно. Ведь завтра им придется решать огромные народнохозяй-

Дальневосточный лесной кот Красная книга СССР.



Весной во время разлива на помощь животным приходят люди. ***На снимке*****: спасение енотовидной собаки. Окский государственный заповедник.**

ственные проблемы. Для этого потребуются серьезные знания, любовь к земле и умение трудиться. Реформа общеобразовательной и профессиональной школы приблизила процесс обучения к реальной жизни. Дала возможность школьникам познавать сложные проблемы природопользования и охраны природы на практике.

Уссурийский тигр стал редким животным, занесен в Красную книгу СССР и строго охраняется.



Баргузинский соболь — ценный пушной зверь — был практически истреблен к концу XIX в. Сейчас его численность полностью восстановлена. Баргузинский государственный заповедник.



Гигантская вечерница. Красная книга СССР.



Человек должен разумно пользоваться природными богатствами, чтобы они не оскудели. *На снимке*: отлов семги, идущей на нерест, для разведения этой ценной рыбы. Мурманская область.



Серый варан и семиреченский лягушкозуб (*внизу*) занесены в Красную книгу СССР.





С 1918 г. в нашей стране развернуто массовое юннатское движение.

Работа в юннатских кружках по заданию ученых, в зеленых и голубых патрулях, в ученических производственных бригадах, на станциях юннатов и в школьных лесничествах дает возможность не только закреплять теоретические знания и приобретать трудовые навыки, но уже сегодня приносить стране, ее природе огромную конкретную пользу. Новые, молодые леса посажены руками ребят; испытаны многие сорта зерновых и овощных культур; выращены тысячи кроликов, домашних птиц; спасены сотни родников. Немало добрых дел на счету ваших сверстников. Включайтесь и вы в эту очень важную и нужную работу!

П

ПАМЯТЬ

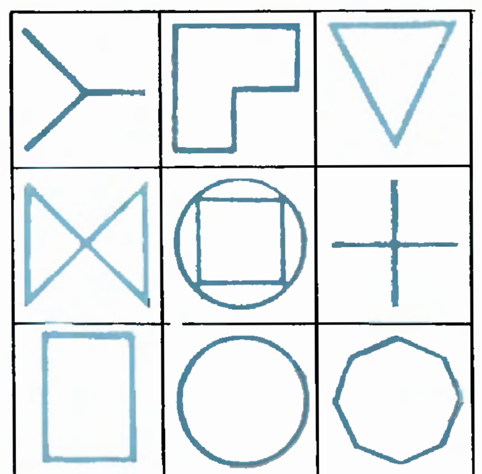
Память — это свойство живой материи, благодаря которому организмы способны фиксировать, хранить и воспроизводить полученную информацию.

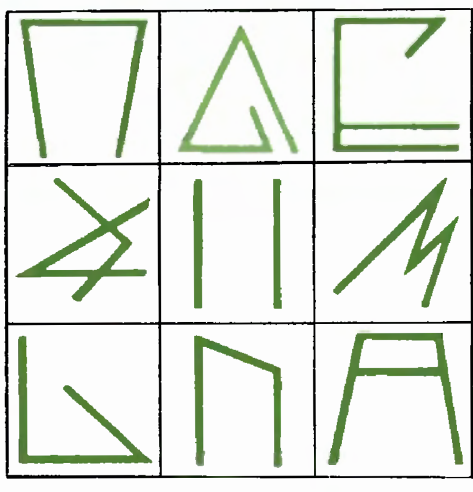
Когда мы говорим о памяти, обычно имеем в виду важнейшую функцию *нервной системы* — способность накапливать, а затем использовать индивидуально приобретаемый опыт. Понятие памяти используют для таких явлений, как *иммунитет* (способность организма запомнить микробный болезнетворный агент, узнать его при повторной встрече и привести в действие защитные механизмы), или генетическая память — основа *наследственности*.

Пока неизвестно, как информация фиксируется мозгом. Предполагают, что носителями памяти являются биоорганические макромоле-



Проверьте точность зрительной памяти: постарайтесь за 1 мин запомнить предметы, изображенные на рисунке, а затем назвать их в таком же порядке. Определите процент правильно названных фигур. Число, которое вы назвали правильно, надо разделить на общее число их и частное умножить на 100. 90—100% — отлично, 70—90 — очень хорошо, 50—70 — хорошо, 30—50 удовлетворительно, 10— 30 — плохо, 0—10 — очень плохо.





Определите объем своей памяти при узнавании. Постарайтесь за 1 мин запомнить фигуры, изображенные на левой таблице. Затем переверните страницу и на таблице (с. 221) найдите эти фигуры среди других. Определите процент фигур, названных правильно, как сказано в подписи к предыдущему рисунку. Это объем вашей памяти в процентах.

Определите объем своей памяти воспроизведения. Нарисовав квадрат, разделите его на 9 равных частей. Затем в течение 1 мин рассмотрите фигуры на правой таблице. Закройте книгу и по памяти изобразите эти фигуры в подготовленном вами квадрате. Так же, как и в других случаях, определите объем памяти в процентах.

кулы: ДНК, РНК, *белки, пептиды* или другие вещества. Аргументом в пользу биохимической теории служит тот факт, что иммунологическая и генетическая память, действительно, имеют биохимический механизм. По другой гипотезе, носителями памяти могут быть и синаптические связи нервных клеток — синапсы, образующиеся вновь или становящиеся более эффективными для передачи возбуждения. Совершенствование мозга в процессе *эволюции* животных, увеличение числа его нервных клеток и синапсов ведет к увеличению объема индивидуальной памяти.

В зависимости от времени хранения информации различают память кратковременную и долгосрочную. Она имеет разный объем и, видимо, разный механизм. Продолжительность кратковременной памяти не более минуты. Ее разновидность — оперативная память. Она необходима для осуществления любых психических процессов, так как удерживает на этот период необходимую информацию, в том числе и промежуточные результаты, например при устном счете.

ПОЧЕМУ МЫ ИНОГДА ПЛОХО ЗАПОМИНАЕМ

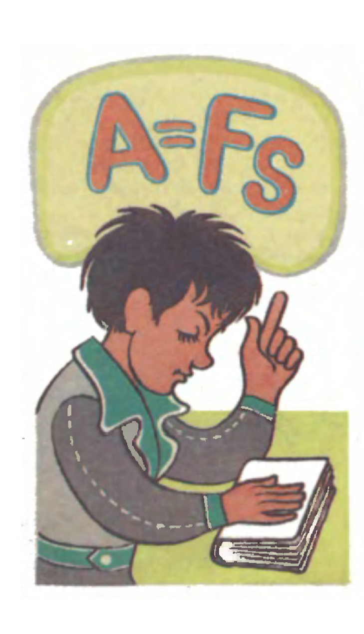


Многие из вас жалуются на свою память, но всегда ли причина слабого усвоения знаний кроется в ней? Часто мы плохо запоминаем потому, что недостаточно сосредоточиваемся на том, что заучиваем. У человека может быть хорошая память, но из-за слабого внимания он не в состоянии воспринимать то, что ему надо запомнить, и потому все усилия обречены на неудачу: глаза бегают по строчкам, а содержание прочитанного не доходит до сознания, его одолевает сонливость, беспокоят посторонние разговоры, радио, тиканье часов. Повысить внимательность поможет небольшой перерыв: ходьба по комнате, несколько физических упражнений, умывание прохладной водой. После перерыва можно снова приступить к занятиям. Однако делать после этого повторные перерывы не рекомендуется, ведь работоспособность нарастает постепенно. Отвлечение от работы в период врабатывания затягивает наступление оптимальной работоспособности (см. *Гигиена школьника*).

Часто вы пытаетесь механически запомнить текст: выучить первую фразу, потом вторую, третью и т. д. При таком заучивании без анализа текста запоминается часто лишь последовательность слов, а не смысл прочитанного. Пересказывать текст лучше своими словами. Каждому человеку свойствен свой, привычный для него языковой стиль. Текст лучше запоминается и легче воспроизводится, если он заучен в привычном для данного человека языковом оформлении.

Многие люди тренируют свою память на запоминание материала и мало обращают внимания на его воспроизведение. Между тем умение к месту вспомнить необходимые сведения так же важно, как запомнить новый материал. Поэтому при заучивании запоминание надо чередовать с воспроизведением (см. *Как заучивать текст*). Это не только содействует переходу новой информации из кратковременной памяти в долгосрочную, но и помогает более сознательно усваивать материал, а при надобности применять его для решения практических и теоретических задач.

КАК ЗАУЧИВАТЬ ТЕКСТ

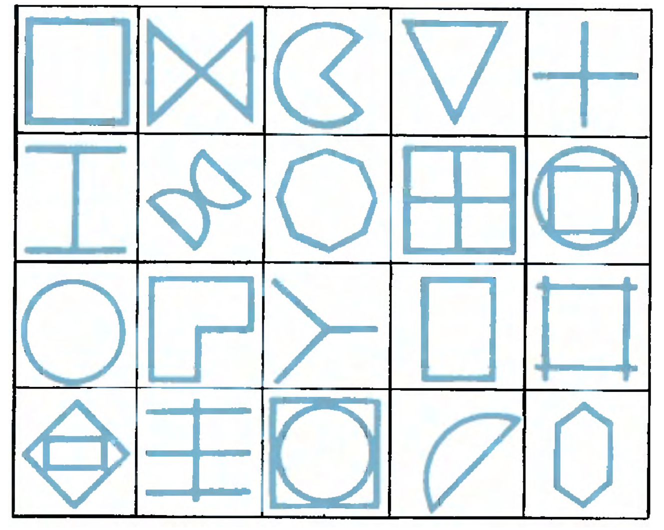


Прежде всего просмотрите текст целиком. Выясните, мал он или велик, постарайтесь запомнить названия заголовков и подзаголовков. Это даст вам возможность установить структуру учебного материала. Подумайте, почему выбрана та, а не другая последовательность его изложения. Просмотр учебного материала поможет вам разделить объемный материал на части. Не старайтесь механически разбивать текст на примерно равные отрывки. Лучше выделить законченные смысловые части текста и запомнить их последовательность.

При первом чтении попытайтесь составить план прочитанного, отмечая про себя кратко, о чем идет речь. Не задерживайтесь на новых словах, датах, терминах, формулах, но при чтении четко произнесите их про себя, прикиньте, какие факты, события, закономерности они охватывают. При первом чтении полезно набросать схему, отражающую последовательность и связь описываемых в тексте событий.

После первого прочтения не следует повторно читать текст. Закройте книгу и попытайтесь вспомнить, о чем вы прочли. Потом раскройте тетрадь с записями и просмотрите их. Это поможет воспроизвести многое из того, что было опущено при первом воспроизведении. Потом можно открыть книгу и просмотреть текст вторично, проверив себя, насколько правильно был заучен материал. После того как вы убедились, что основная идея статьи понята, можно приступить к точному заучиванию новых слов, определений, формулировок, дат и собственных имен.

Обычно запоминается лучше всего то, что было в начале и в конце заучивания. Поэтому те сведения, которые вам кажутся основными, нужно повторить в конце работы.



К кратковременной памяти относится так называемый непосредственный отпечаток, как бы оставляемый раздражителем, воздействовавшим на *органы чувств*. Объем ее очень велик. Мозг удерживает практически всю полученную информацию, но лишь на время, необходимое для ее обработки (обычно на доли секунды). Когда мы любуемся картиной, наш глаз быстро перескакивает с одной детали на другую. В каждый момент мы видим лишь незначительную часть изображения, остальное хранится в памяти, поэтому кажется, что мы видим всю картину сразу.

Долгосрочная память хранит информацию в течение всей жизни. Забывание объясняется не дефектом самой памяти, а несовершенством поисковой системы, делающей хранящуюся информацию доступной. В отличие от кратковременной памяти, которую легко разрушают любые внешние помехи, долгосрочная — устойчива. Однако прочно зафиксированной информация оказывается лишь через 10—25 ч после ее восприятия. В процессе становления долгосрочной памяти происходит отбор важнейшей информации, для пользования которой и создается аппарат поиска.

Психологи различают много видов памяти. Образная память обеспечивает запечатление предметов окружающего мира. Она может быть зрительной, слуховой, обонятельной, вкусовой, осязательной. Двигательная память фиксирует характер движений и их последовательность, необходимые при определенных видах деятельности. Словесно-логическая память хранит словесную информацию.

Объем кратковременной памяти человека обычно обеспечивает одновременную фиксацию 7±2 элементов информации (слов, цифр и т. д.). Память может быть непроизвольной, не зависящей от нашего желания, и сознательной, произвольной, когда мы нарочито стремимся запомнить нужный материал. Этот вид памяти — результат приобретенного навыка и поддается тренировке. Пользоваться ею мы учимся с детства. Память позволяет накапливать разнообразный опыт и оперировать им.

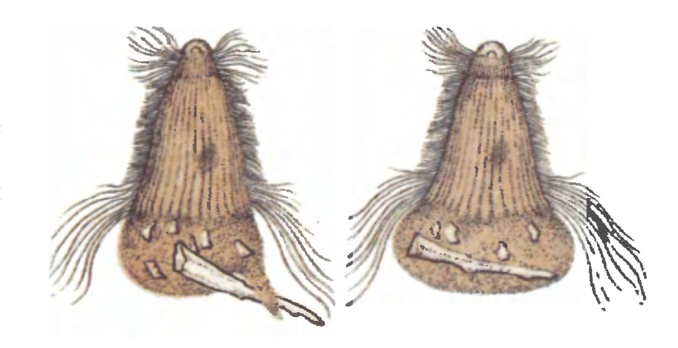
ПАРАЗИТИЗМ

Паразитизм (от греческого слова parasitos — нахлебник, тунеядец) — явление, когда одни виды живых организмов длительное время существуют за счет других видов — хозяев. Хищник сразу убивает и поедает свою жертву. Паразит многократно, на протяжении всей своей жизни или значительной ее части пользуется органическими веществами, получаемыми из тела хозяина, хозяин оказывается *средой обитания* для паразита. Трудно установить точные границы взаимоотношений между паразитом и хозяином, отделить их от других межвидовых отношений.

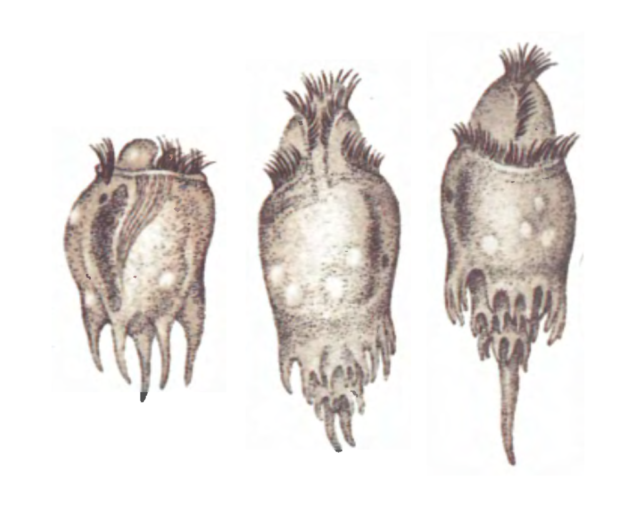
За сотни миллионов лет *эволюции* жизни растений, животных, грибов и микроорганизмов тесно переплелись. В результате каждая особь любого вида может служить хозяином для каких-то паразитов.

Явление паразитизма многообразно. Паразитические растения питаются за счет соков растения-хозяина, врастая в него. Такие полные или частичные паразиты — омела, паразитирующая на некоторых лиственных деревьях в умеренной зоне, заразихи, прикрепляющиеся к корням.

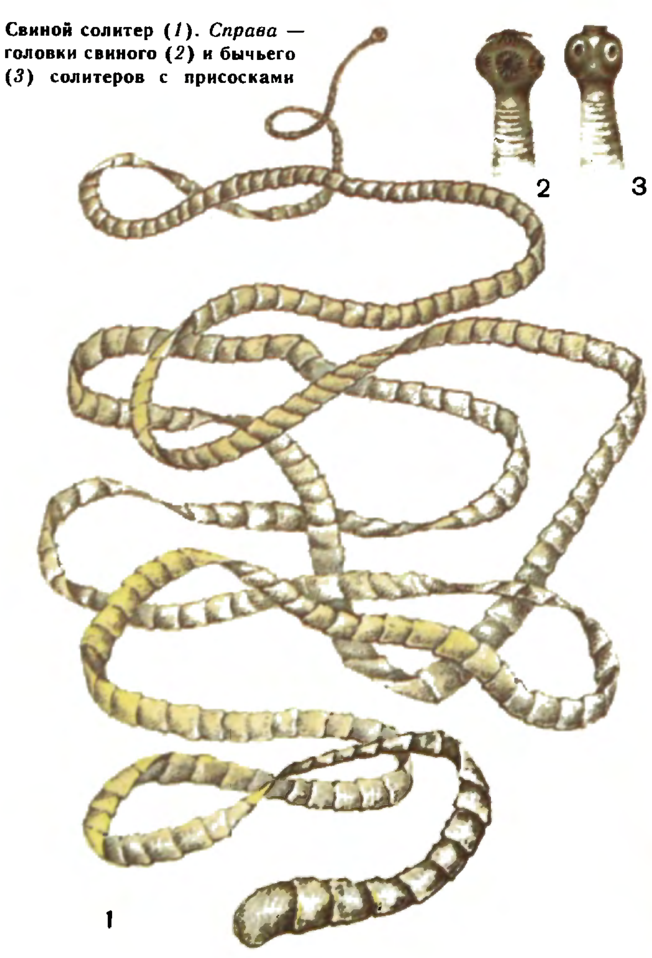
Жгутиконосец из кишечника термитов, заглатывающий кусочек древесины (сильно увеличено).



Инфузории, паразитирующие в рубце жвачных животных (сильно увеличено).



Свиной солитер (*1*). *Справа* — головки свиного (*2*) и бычьего (*3*) солитеров с присосками



Нематода аскарида паразитирует в тонкой кишке человека. Яйцо с личинкой (*1*) попадает в организм человека с пищей, через грязные руки и т. д. В тонкой кишке человека личинки освобождаются из скорлупки яйца (*2*) и начинают сложный путь дальнейшего развития: проникают в кровеносные сосуды (*3*), с током крови — в печень (*4*), затем в сердце (*5*), легкие (*6*), бронхи, трахею, глотку (*7*), снова проглатываются и попадают в кишечник. В тонком кишечнике личинки завершают развитие и превращаются во взрослых самцов и самок (*8*). Яйца аскарид из организма человека снова попадают во внешнюю среду, и начинается новый цикл развития паразита.

Кровяной споровик плазмодий паразитирует в крови человека, вызывая тяжелую болезнь — малярию. Переносчиком паразита является комар анофелес. При укусе зараженного комара спорозоиты плазмодия (*1*) проникают в кровь человека, попадают в клетки печени, где размножаются бесполым путем, образуя клетки другого типа — мерозоиты (*2—4*). Они внедряются в эритроциты крови, где происходят новые циклы бесполого размножения (*5—8*), и в результате образуются предшественники половых клеток (*9*). Для дальнейшего развития они должны попасть в желудок комара, где превращаются в половые клетки — гаметы (*10*). Гаметы, сливаясь, образуют зиготу (*11*). Из зиготы в кишечнике комара развиваются спорозоиты (*12—15*); они попадают в слюнные железы комара и снова в организм человека.



Среди паразитов есть облигатные (обязательные), которые тесно связаны с каким-то конкретным видом хозяина и без него не могут жить, и факультативные (необязательные). Есть эктопаразиты, живущие на поверхности тела хозяев, например вши, блохи, некоторые клещи; среди них много переносчиков опасных заболеваний человека. Есть эндопаразиты, которые живут внутри тела хозяина. К ним относятся большинство паразитических червей, например гельминты, обитающие в различных *органах* и *тканях* животных и человека. Есть паразитические насекомые, которые развиваются в теле насекомых других видов и, заканчивая свое развитие, вызывают гибель хозяина. Такие насекомые называются паразитоидами.

На рисунке изображены типичные паразиты птиц. В перьевом покрове обитают блохи, клещи, клопы, пухоеды, мухи, во внутренних органах и мышцах — паразитические черви, трематоды, грибы, бактерии, вирусы. Регулярно очищая свои перья клювом, птица не дает чрезмерно размножиться перьевым паразитам, а специальные кровяные тельца и антитела сдерживают численность внутренних паразитов, и поэтому вся система «хозяин — паразиты» находится в состоянии равновесия.







КОНСТАНТИН ИВАНОВИЧ СКРЯБИН (1878—1972)



«Я считаю себя счастливым тогда, когда я способен полноценно, запоем, научно работать, думать, созидать, когда творческая мысль бьет ключом, волнует, рождает новые идеи, касающиеся моей красивой, многогранной гельминтологии...» Так понимал счастье советский ученый академик Константин Иванович Скрябин — основатель гельминтологической науки в нашей стране.

Гельминтология — это наука о паразитических червях — гельминтах и вызываемых ими заболеваниях — гельминтозах. Гельминты, или, как их часто называют, глисты, — паразиты растений, животных и человека. Гельминтозы могут быть причиной массовой гибели рыбы, домашней птицы, крупного и мелкого рогатого скота, других домашних и промысловых животных. Они бывают опасны для здоровья человека.

Сразу после Великой Октябрьской социалистической революции Скрябин начал организовывать в нашей стране учреждения для изучения гельминтов и борьбы с ними. Большое значение он придавал пропаганде гельминтологических знаний среди населения, разъяснению путей заражения гельминтами и их профилактике, главным образом соблюдению чистоты воды, пищи и рук.

Под руководством Константина Ивановича было проведено свыше 300 экспедиций. Они позволили изучить видовой состав гельминтов на территории нашей страны, выявить основные очаги гельминтозов, зависимость их от местных климатических и географических условий, бытовых и профессиональных особенностей населения. Ученый описал свыше 200 новых видов гельминтов.

По инициативе Скрябина проводились плановые оздоровительные мероприятия. Они были направлены не только на лечение людей, заболевших гельминтозами, но и на борьбу с гельминтами в окружающей среде (почве, воде), помещениях, на продуктах питания, белье и других местах, чтобы предотвратить возможность заражения ими

Герой Социалистического Труда К. И. Скрябин прошел путь от рядового ветеринарного врача в Казахстане до действительного члена трех академий нашей страны: Академии наук СССР, Академии медицинских наук СССР и Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина (ВАСХНИЛ). Он был вице-президентом ВАСХНИЛ. Заслуги К. И. Скрябина отмечены Ленинской и Государственной премиями.

Ныне золотую медаль имени К. И. Скрябина ВАСХНИЛ присуждает за выдающиеся научные работы и открытия в области ветеринарии.

Поскольку паразит питается за чужой счет, ему, как правило, бывает невыгодна смерть хозяина. Поэтому, какой бы вред он ни приносил своему хозяину, как правило, тот компенсируется какой-то (для нас пока часто неясной) пользой, часто не для конкретной особи, а для вида хозяина в целом. Одна из распространенных форм «квартплаты» паразитов — помощь организму хозяина в выработке невосприимчивости (*иммунитета*) к каким-то другим, более опасным заболеваниям.

Многообразны приспособления паразитов к условиям существования. У эктопаразитов, например, тело часто сплющено в спинно-брюшном направлении (вши, пухоеды, клещи), что помогает им удерживаться на хозяине, или же сжато с боков, что облегчает передвижение среди волос (блохи). У эндопаразитов развиваются мощные органы прикрепления—присоски, крючья и т. п. У некоторых паразитов практически исчезли все *органы чувств*, упрощена *пищеварительная система*, так как всасывание питательных веществ осуществляется всей поверхностью тела. Как правило, паразиты очень плодовиты: некоторые лен-

ЕВГЕНИЙ НИКАНОРОВИЧ ПАВЛОВСКИЙ (1884—1965)



Академик Евгений Никанорович Павловский — советский зоолог, паразитолог.

Интерес к изучению и наблюдению природы, тяга к путешествиям проявились у будущего ученого еще в гимназии. В каникулы он совершил поход по Кавказу и Крыму и описал его в «Очерках и впечатлениях пешехода», которые были опубликованы в журнале «Русский турист». Внимание юноши привлекали не только необычайно красивые места и обитающие здесь животные, но и быт местного населения, его история. Окончив с золотой медалью гимназию, Павловский поступил в Военно-медицинскую академию в Петербурге, где потом был профессором, начальником кафедры биологии и паразитологии (она теперь носит его имя).

Е. Н. Павловский изучал ядовитых животных и свойства их ядов, циклы развития многих паразитов и кровососущих насекомых. Основные его работы связаны с изучением болезней, вызываемых паразитами, а также передающихся посредством различных животных (так называемых трансмиссивных): вши переносят возбудителей сыпного тифа, комары — малярии, москиты — москитной лихорадки, грызуны — чумы. Под руководством ученого и часто при его личном участии было проведено 180 экспедиций по изучению этих болезней — в Среднюю Азию, Закавказье, Крым, на Дальний Восток и в другие места.

Евгений Никанорович создал учение о природной очаговости трансмиссивных (передающихся) болезней. Он показал, что их возбудители и переносчики приурочены к определенным природным условиям — очагам. В таких природных очагах возбудители болезни непрерывно переходят от одного животного к другому через разных переносчиков — членистоногих (насекомых, клещей), птиц, грызунов. Такая циркуляция возбудителя находится под контролем факторов внешней среды, которые могут пресекать ее или, наоборот, благоприятствовать ей. Человек, попадая на территорию природного очага болезни, может получить ее возбудителей от животных-переносчиков.

Определение границ природных очагов болезней и изучение взаимоотношений между больными животными, переносчиками и возбудителями болезни позволили предсказывать возникновение многих заболеваний людей, проводить профилактические меры и успешнее бороться с ними. Снижение уровня трансмиссивных заболеваний, а иногда их полное исчезновение в нашей стране — заслуга Павловского и его многочисленных учеников. «Ученый без учеников — как тучка без дождя»,— говорил он. Павловский написал 1500 научных работ, 20 учебников.

Академия наук СССР учредила золотую медаль имени Е. Н. Павловского за работы по зоологии и паразитологии. В Хабаровске и Душанбе установлены памятники генерал-лейтенанту медицинской службы, Герою Социалистического Труда, действительному члену Академии наук СССР и Академии медицинских наук СССР, почетному члену АН Таджикской ССР, лауреату Ленинской и Государственной премий Е. Н. Павловскому.

Заразихи — многолетние растения-паразиты, полностью лишенные хлорофилла, все необходимые питательные вещества они получают за счет корневой системы растения-хозяина. ***На снимке*****: пустынная заразиха — цистанхе, паразитирующая главным образом на саксауле.**



Гнездовой паразитизм. Птенец малой кукушки выбросил из гнезда короткокрылой широхвостки всех потенциальных соперников — яйца и птенцов.



точные черви (солитёры) в год образуют сотни миллионов яиц, а за всю жизнь — миллиарды. Некоторые эктопаразиты (например, иксо́довые клещи) приобрели удивительную способность голодать на протяжении нескольких (а иногда и десятков) лет, дожидаясь встречи с хозяином.

С развитием наших знаний о многообразии связей в природе оказалось, что нельзя считать всех паразитов какими-то нежелательными существами: это важные компоненты любого сообщества, без которых нормальная жизнь любого биогеоценоза, да и всей *биосферы* в целом невозможна. В процессе эволюции паразитизм часто превращается в *симбиоз* (в его узком смысле), когда оба вида приносят пользу друг другу или даже необходимы.

ПАРАЛЛЕЛИЗМ

Параллелизмом или параллельным развитием называют возникновение в *эволюции* организмов сходных признаков и свойств, развивающихся из одинаковых зачатков, на одной генетической основе, но независимо друг от друга. Например, в Южной Америке были найдены остатки копытных — литоптерн, у которых ноги удивительно напоминали однопалые ноги настоящих лошадей.

Иногда параллелизм смешивают с *конвергенцией*, когда сходные признаки возникают также независимо, но на разной генетической основе. В том и другом случае независимо возникают сходные признаки, органы, но не сами виды.

Параллельное развитие можно проследить на вымерших южноамериканских копытных — литоптернах. ***Вверху*** **— лошадеподобный тоатерий. Предки его имели трехпалые конечности, например треозодон (*1*). У протеротерия (*2*) средний палец уже удлинен, а у тоатерия (*3*) и передняя и задняя конечности однопалые, как у лошади (*4*). Однако тоатерий был «фальшивой лошадью»: его зубы были приспособлены для перетирания мягких листьев, а не жесткой травы. Поэтому, когда в Южной Америке лесостепи сменились пампасами с жесткой степной растительностью, тоатерии быстро вымерли. Их параллелизм с «настоящими» лошадьми был неполным.**



ПАРТЕНОГЕНЕЗ

Партеногенез (от греческих слов parthenos — девственница и genesis — происхождение) — развитие организма из одной только яйцеклетки без *оплодотворения*. Существуют различные формы партеногенеза у животных и растений.

В XVIII в. швейцарский ученый Ш. Бонне описал удивительное явление: всем хорошо известные тли летом обычно представлены только бескрылыми самками, рождающими живых детенышей. Лишь осенью среди тлей появляются самцы. Из оплодотворенных яиц, перенесших зиму, выходят крылатые самки. Они разлетаются по кормовым растениям и основывают новые колонии бескрылых партеногенетических самок. Похожий цикл развития был описан у многих насекомых, а также у мелких рачков — дафний и микроскопических водных животных — коловраток. У некоторых видов коловраток и насекомых вообще не найдено самцов — половой процесс у них выпал полностью, все они представлены партеногенетическими самками.

У растений партеногенез был открыт позже — сначала у известного австралийского

БОРИС ЛЬВОВИЧ АСТАУРОВ (1904—1974)



Академик Борис Львович Астауров внес огромный вклад в развитие цитогенетики и экспериментальной биологии.

В юности он одинаково увлекался музыкой и биологией. Все же интерес к биологии пересилил, и после окончания средней школы Борис Львович поступил на биологическое отделение физико-математического факультета Московского университета, которое окончил в 1927 г. Еще студентом Астауров начал заниматься генетикой, изучением *мутаций* у мухи дрозофилы. В течение нескольких лет Борис Львович работал в Среднеазиатском научно-исследовательском институте шелководства (г. Ташкент), и с этих пор почти все его работы связаны с тутовым шелкопрядом.

По совету своего учителя *Н. К. Кольцова* Б. Л. Астауров проводил исследования по искусственному *партеногенезу*. Из неоплодотворенных яиц, подвергнутых тепловой обработке, ученому удалось получить исключительно самок-близнецов, абсолютно похожих друг на друга и на свою мать. Это было большое достижение, так как оно давало возможность в течение ряда поколений иметь *клоны* одинаковых по своим наследственным признакам форм шелкопряда. В дальнейшем он разработал метод получения одних самцов (андрогенез).

Неоплодотворенные яйца одного вида шелкопряда облучали рентгеновскими лучами, а затем оплодотворяли нормальной, необлученной спермой другого вида. Затем яйца подвергали воздействию такой температуры, при которой облученные женские *ядра* погибали. В развитии, таким образом, участвовало лишь ядро, образованное слившимися ядрами двух спермиев, и цитоплазма яйца. В результате из таких яиц получались только самцы, и у таких ядерно-цитоплазматических гибридов все признаки были подобны признакам отцовских организмов. Эти работы доказывали решающую роль ядра в передаче наследственной информации.

Разработанные Астауровым способы регуляции пола нашли широкое применение в практическом шелководстве. Гусениц тутового шелкопряда выкармливают, чтобы получить коконы, дающие ценную шелковую нить. Благодаря регуляции пола этих насекомых появилась возможность получать из яиц только самцов, коконы которых содержат на 20% больше шелка, чем коконы самок.

Б. Л. Астауров предложил также новый метод борьбы с опасным паразитом шелкопряда, вызывающим у него заболевание — пебрину. Этот метод был значительно проще, чем всемирно известный, предложенный еще *Л. Пастером*.

Б. Л. Астауров был организатором и первым директором Института биологии развития имени Н. К. Кольцова АН СССР, главной задачей которого он считал изучение закономерностей индивидуального развития животных и разработку путей управления процессами *онтогенеза*. Он был первым президентом Всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени *Н. И. Вавилова*.

Борис Львович уделял большое внимание пропаганде достижений советской биологии и проблемам ее дальнейшего развития. Он считал своим долгом ученого и гражданина подвергать принципиальной научной критике неверные и необоснованные положения, заботиться о приоритете советской науки.

растения альхорнеи. Это двудомное растение: на одних экземплярах развиваются цветки с тычинками, на других — с пестиками. В Ботаническом саду Кью близ Лондона росли только женские растения с пестичными цветками. К удивлению ботаников, в 1839 г. они вдруг принесли обильный урожай семян. Оказалось, что у растений партеногенез встречается еще чаще, чем у животных. У растений он называется апомиксисом. Многие представители сложноцветных и злаковых, розоцветных, крестоцветных и других семейств (например, многие сорта малины, обыкновенные одуванчики) — апомиктические.

Различают партеногенез соматический и генеративный. В первом случае яйцеклетка развивается из диплоидной клетки организма, с двойным набором *хромосом*, во втором — из клеток, прошедших *мейоз*, т. е. с уменьшенным вдвое числом хромосом. Генеративный партеногенез часто встречается у насекомых: трутни пчел, например, развиваются из неоплодотворенных яиц. Иногда число хромосом при развитии зародыша удваивается.

Своеобразные формы партеногенеза — гиногенез и андрогенез. При гиногенезе яйцеклетка стимулируется к развитию сперматозоидом мужской особи, пусть даже другого вида. Потом сперматозоид бесследно рассасывается в цитоплазме яйцеклетки, которая начинает развитие. В результате появляются однополые *популяции*, состоящие из одних самок. Гиногенез описан у мелкой тропической рыбки моллиенезии, нашего серебряного карася (икра его развивается при стимуляции спермой карпа, гольяна и других одновременно нерестящихся рыб, в этом случае при дроблении зиготы отцовская ДНК разрушается, не оказывая влияния на признаки потомства), а также у некоторых саламандр. Его можно вызвать искусственно, воздействуя на зрелые икринки спермой, убитой рентгеновским облучением. В потомстве, естественно, получаются точные генетические копии самок.

При андрогенезе, наоборот, ядро яйцеклетки не развивается. Развитие организма идет за счет двух слившихся ядер сперматозоидов, попавших в нее (естественно, в потомстве получаются только одни самцы). Советский ученый *Б. Л. Астауров* получил андрогенетических самцов тутового шелкопряда, оплодотворив спермой нормального самца яйцеклетки, ядра в которых были убиты облучением или высокой температурой. Совместно с В. А. Струнниковым он разработал методы искусственного получения андрогенетического потомства у тутового шелкопряда, что имеет большое практическое значение, так как гусеницы-самцы дают при образовании коконов больше шелка, чем самки.

Партеногенез чаще встречается у низших животных. У более высокоорганизованных его иногда удается вызвать искусственно, воздействием каких-либо факторов на неоплодотворенные яйцеклетки. Впервые его вызвал в 1885 г. русский зоолог А. А. Тихомиров у тутового шелкопряда.

Все же у высших животных партеногенетическое развитие чаще всего не идет до конца и развивающийся зародыш в конце концов погибает. Но некоторые виды и породы позвоночных более способны к партеногенезу. Например, известны партеногенетические виды ящериц. В последнее время была выведена порода индеек, неоплодотворенные яйца которых с высокой вероятностью проходят развитие до конца. Любопытно, что при этом потомство получается мужского пола (обычно при партеногенезе получаются самки). Загадка разгадывается легко: если, например, у человека и дрозофилы набор половых хромосом у женского пола XX (две хромосомы X), а у мужского XY (хромосомы X и Y), у птиц наоборот — самец имеет две одинаковые хромосомы ZZ, а у самки хромосомы разные (WZ). Половина неоплодотворенных яиц имеет одну хромосому W, половина — Z (см. *Мейоз*). В развивающейся партеногенетической яйцеклетке число хромосом удваивается. Но комбинация W W нежизнеспособна, и такие зародыши гибнут, а комбинация ZZ дает вполне нормального индюка.

ПЕПТИДЫ

Пептиды, как и *белки*, состоят из остатков *аминокислот* соединенных пептидной (амидной) связью. Следовательно, по химическому строению они ничем не отличаются от белков. И все же различие между ними есть. Прежде всего оно в длине полипептидной цепи, т. е. в числе аминокислотных остатков в молекуле: пептиды имеют более короткую цепочку. Очень приближенно границу между пептидами и белками можно провести в районе 50 аминокислотных остатков. Однако граница эта условна. Гораздо важнее другое — у пептидов практически отсутствует третичная структура, эта важнейшая особенность всех белков. Поэтому пептицы в отличие от белков не подвержены денатурации, т. е. необратимому изменению естественной пространственной конфигурации под влиянием экстремальных воздействий. Пептиды (в особенности наиболее короткие из них — олигопептиды, имеющие до 10-12 аминокислотных остатков) — молекулы очень прочные и устойчивые к жестким воздействиям. Они выдерживают, не теряя своей биологической активности, длительное кипячение, крайние значения pH среды, высокое давление, растворение в органических растворителях, губительные для большинства белков.

Еще одна особенность естественных пептидов: многие из них содержат необычные аминокислоты, редко встречающиеся в живой природе и не входящие в состав белков. Особенно много таких аминокислот входит в состав олигопептидных *антибиотиков*, синтезируемых *бактериями* и низшими грибами.

Чем же замечательны эти вещества? Оказывается, многие олиго- и полипептиды являются в организме животных важнейшими биорегуляторами — *гормонами*, нейропередатчиками или нейромодуляторами, т. е. веществами, влияющими на синаптическую передачу нервного импульса (см. *Высшая нервная деятельность*).

Среди пептидных гормонов можно назвать прежде всего гормоны гипофиза, управляющие работой всех других желёз внутренней секреции. Это так называемые тропные гормоны: адренокортикотропный гормон, управляющий работой коркового слоя надпочечников, тиреотропный гормон — работой щитовидной железы, гонадотропные гормоны — работой эндокринных желёз половой системы и т. д. Короткие олигопептиды, или рилизинг-гормоны (от английского слова release — освобождать), синтезируются в нейронах особого отдела мозга — гипоталамуса, поступают по отросткам нервных клеток в гипофиз и регулируют (стимулируют или подавляют) освобождение пептидных гормонов гипофиза. Открытие этого нового уровня управления физиологическими функциями — одно из наиболее важных достижений биологии последних полутора десятилетий.

Среди физиологически активных пептидов ряд местных гормонов пищеварительного тракта, которые выделяются железистыми или нервными клетками стенки кишечника, — гастрины, вазоактивный кишечный пептид и др., регулирующие кровяное давление олигопептиды — ангиотензин и кинины, которые образуются в почках. В последние годы установлено, что многие «кишечные пептиды» в небольших количествах содержатся в ткани мозга и, наоборот, ряд «мозговых пептидов» — в эпителии пищеварительного тракта.

Еще одна интереснейшая группа совсем недавно открытых пептидов — так называемые опиатные пептиды, или пептиды-анальгетики (анальгезия — обезболивание). Введенные животным или человеку, они имитируют обезболивающее действие наркотического препарата морфина. Оказалось, что такого рода пептиды широко распространены не только в мозге и гипофизе, но также в мозговом слое надпочечников, в эндокринных клетках кишечника. Кроме обезболивания они влияют на эмоциональное поведение, регулируют температуру тела, ускоряют обучение подопытных животных. Хроническое отклонение от нормы содержания опиатных пептидов может стать причиной тяжелых психических заболеваний. Эти пептиды проявляют свое действие, соединяясь со специфическим белком на поверхности нервных клеток — опиатным *рецептором*, тем же, с которым взаимодействует и морфин.

Пептиды не только регуляторы нервной и эндокринной систем, они также влияют на развитие клеток иммунной системы лимфоцитов (см. *Иммунитет*). Гормоны иммунной системы синтезируются в вилочковой железе (тимусе) и в костном мозге.

Таким образом, физиологически активные пептиды представляют собой вездесущие регуляторы деятельности отдельных клеток, тканей, органов и всего организма в целом. Исследования этих пептидов — одна из «горячих точек» современной биологии, бурно развивающееся научное направление.

ПИГМЕНТЫ

Пигменты (от латинского слова pigmentum — краска) — это окрашенные вещества тканей организмов. Их химическая природа различна. Они есть во всех *клетках* и выполняют немало функций: переносят кислород и углекислый газ, участвуют в окислительно-восстановительных реакциях и в фотохимических процессах — *фотосинтезе* и акте зрения. Они могут служить светофильтрами, теплоизоляторами, маски-



Все многообразне окраски растений и животных зависит от пигментов — веществ различной химической природы.



► С наступлением осенних холодов окраска листьев изменяется. Это объясняется тем, что зеленый пигмент хлорофилл разрушается, остаются только желтые и красные пигменты.

ровочным материалом, приспосабливая к среде организм тонко и гармонично. Некоторые пигменты являются провитаминами: это желто-оранжевые пигменты растений — каротиноиды и флавоноиды — предшественники витаминов А и Р.

Цвет пигментов зависит от особой группы атомов, поглощающих свет от определенной длины волны в видимой части спектра. Эта часть молекулы пигмента называется хромо-

форной. В ней подвижные электроны, общие для всей этой системы, легко переходят на энергетически более высокую орбиталь. Поэтому пигменты необходимы всюду, где происходит транспортировка электронов, где один вид энергии превращается в другой (см. *Дыхание, Фотосинтез, Митохондрии*). Отсюда понятно, почему животные и растения имеют немало сходно устроенных пигментов.

Главнейшие из них — хромопротеины, являющиеся комплексами *белка*, порфиринового кольца и металла. Пигмент крови позвоночных — гемоглобин — содержит в этом кольце атом железа, а пигмент зеленых растений — хлорофилл — атом магния. Дыхательный пигмент мышц — миоглобин, поставляющий клетке кислород, окислительные *ферменты* — каталаза и пероксидаза, переносчики электронов — цитохромы, ряд других дыхательных ферментов — все они относятся к хромопротеинам, и в их порфириновом кольце могут находиться не только железо, но также и медь или цинк.

Пигменты животных — меланины: коричневые, черные, желтые — окрашивают кожу, волосы, перья, сетчатку глаз, покровы насекомых и др. Они защищают нашу кожу от вредного действия ультрафиолетовых лучей.

Некоторые пигменты применяют в пищевой промышленности и медицине.

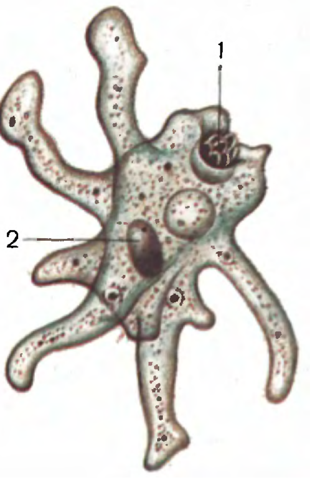


Рис. 1. Амеба (внутриклеточное пищеварение): *1* — захватывание пищи; *2* — ядро.

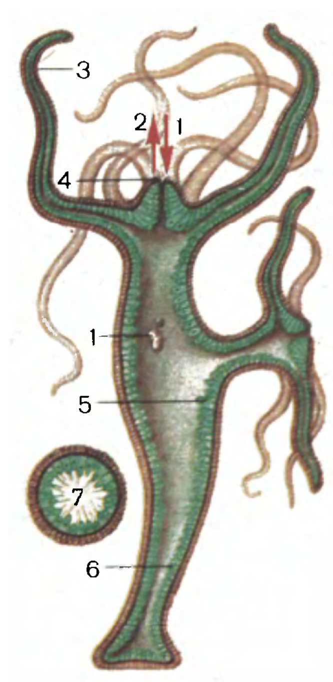


Рис. 2. Разрез тела гидры (внутриполостное пищеварение): *1* — пища; *2* — отбросы; *3* — щупальце; *4* — рот; *5* — энтодерма; *6* — всасывание пищи; *7* — поперечный срез.

Рис. 3. Пищеварительная система дождевого червя: *1* — рот; *2* — глотка; *3* — пищевод; *4* — зоб; *5* — мышечный желудок; *6* — кишка; *7* — всасывание пищи; *8* — анальное отверстие.

ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Пищеварение — это сложный физиологический процесс, при котором происходит физическая и химическая переработка пищи, превращение ее в растворимые и усвояемые соединения путем ферментативного расщепления *белков*, жиров и *углеводов*.

В процессе пищеварения пищевые вещества, особенно белки, распадаются до мономеров, утрачивая при этом свою видовую специфичность, и уподобляются белкам самого организма. Непереваренная часть пищи и другие вещества удаляются с каловыми массами.

Различают пищеварение внутриклеточное и внеклеточное, в последнем выделяют полостное и пристеночное, или мембранное.

Внутриклеточное пищеварение как более примитивное свойственно одноклеточным организмам, у которых гидролитическое расщепление пищевого субстрата происходит в пищеварительных вакуолях (рис. 1).

Внеклеточное пищеварение становится преобладающим у губок, червей, моллюсков, ракообразных, насекомых и хордовых: переваривание пищи осуществляется гидролитическими *ферментами*, которые выделяются в пищеварительную полость пищеварительными железами. У гидры переваривание пищи идет в полости тела при помощи ферментов, выделяемых энтодермальным слоем. Анального отверстия у нее нет, и непереваренные остатки удаляются через то же отверстие, в которое пища поступила (рис. 2). Впервые в процессе *эволюции* полная пищеварительная система появляется у кольчатых червей (наиболее хорошо развита она у дождевого червя) и представлена ртом, глоткой, пищеводом, зобом, желудком, кишечником и анальным отверстием (рис. 3). В ходе эволюции пищеварительная система усложнялась, дифференцировалась, появились пищеварительные железы. Однако сущность пищеварения у всех животных остается общей.

Благодаря работам *И. П. Павлова*, использовавшего фистульный метод, и разнообразным современным методам исследований были изучены особенности пищеварения животных и человека в различных отделах пищеварительного тракта. Химическая переработка пищи осуществляется ферментами, вырабатываемыми пищеварительными железами. Ферменты обладают свойством специфичности (переваривают строго определенные вещества). Их оптимальная активность зависит от температуры и реакции среды (кислой, щелочной, нейтральной).

Регуляция деятельности пищеварительных желёз осуществляется нервным и гуморальным путем. Это обеспечивает адаптацию пи-

щеварительных желёз к роду пищи. Количество и качество выделенных пищеварительных соков зависят от количества и качества принимаемой пищи. В 1967 г. советский физиолог А. М. Уголев впервые описал мембранное пищеварение, при котором гидролиз пищи происходит на границе ворсинок кишечника за счет наиболее активных ферментов, фиксированных на *мембранах клеток* (рис. 4). Полостное пищеварение начинает процесс расщепления пищевых масс, а пристеночное (мембранное) завершает гидролиз, и тут же в ворсинках продукты переваривания всасываются.

Пищеварительная система человека (рис. 5) состоит из ротовой полости с тремя парами слюнных желёз, глотки, пищевода, желудка, кишечника и анального отверстия. В кишечник впадают протоки печени и поджелудочной железы. В ротовой полости происходит опробование пищи, ее измельчение и частичное химическое переваривание углеводов. Переваривание белков частично, до промежуточных продуктов (*пептидов*) осуществляется ферментами протеазами в кислой среде желудка (рис. 6). В кишечнике ферменты поджелудочного сока окончательно расщепляют белки до *аминокислот,* которые всасываются ворсинками кишечника и попадают в кровь (рис. 7). В кишечнике углеводы окончательно перевариваются с помощью ферментов карбогидраз, превращаясь в глюкозу, всасываются и поступают в кровь. Жиры в основном перевариваются в кишечнике за счет эмульгирующего действия желчи и фермента поджелудочной железы липазы, превращающей их в глицерин и жирные кислоты. Всасываясь, они попадают в лимфатические сосуды ворсинок, а затем в кровь.

В начальном отделе тонкого кишечника, в двенадцатиперстной кишке, идет самое интенсивное переваривание всех составных частей пищи. Продолжается и заканчивается оно под действием ферментов кишечного сока, выделяемого множеством желёзок тонкого кишечника. На протяжении всего тонкого кишечника происходит всасывание переваренных пищевых веществ, воды, минеральных солей. Это сложный активный физиологический процесс, происходящий в многочисленных ворсинках, в которые входят кровеносный и лимфатический сосуды.

В толстом кишечнике остается часть непереваренной клетчатки и трудно перевариваемых белков. За счет обильной микрофлоры толстого кишечника идет *брожение* и *гниение* пище-

В ЧЕМ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ПРАВИЛЬНОЕ ПИТАНИЕ



Беспорядочное питание от случая к случаю приводит к тому, что органы пищеварения оказываются не подготовленными заблаговременно к приему и перевариванию пищи, они выделяют меньше пищеварительных соков и менее активны. Пищеварение идет дольше, расщепление оказывается менее глубоким, не все вещества пищи, полезные для организма, используются. Необходимо есть не менее трех раз в день, всегда в одно и то же время.

Слишком обильное питание вызывает усиленную и длительную секрецию и перистальтику органов пищеварения, чрезмерное расширение желудка, большой приток крови к органам пищеварения и отток от головного мозга, мышц и других органов. Пища полностью не переваривается и без пользы выводится из организма. При этом часто наблюдается несварение, закупорка кишечника, ожирение. Все это ведет к ослаблению физической силы и умственной деятельности, сопротивляемости организма болезням. Поэтому еще древние греки советовали «есть, чтобы жить, но не жить, чтобы есть».

Питание должно быть умеренным, разнообразным, сбалансированным по калорийности с учетом затрат энергии на трудовую деятельность и возрастных особенностей организма.

Плохое прожевывание пищи вызывает нарушение сокоотделения и перистальтики, при этом пища хуже переваривается и усваивается, дольше задерживается в органах пищеварения, что вызывает несварение, расстройства пищеварительной системы.

От чрезмерно горячей или холодной пищи растрескивается зубная эмаль. Очень острая и пряная пища, а также алкоголь вызывают ожоги эпителия, нарушение его секреции, а в желудке выделяется обильная слизь, защищающая его, но затрудняющая пищеварение. Систематические неблагоприятные воздействия такого рода могут привести к желудочно-кишечным, раковым заболеваниям, болезням печени.

Вредно сказывается на работе органов пищеварения несоблюдение правил гигиены зубов. Если зубы нерегулярно чистят, не полоскают водой после еды, в них скапливаются остатки пищи, в которых поселяются вредные микроорганизмы, разрушающие зубы своими выделениями, отравляющие организм и снижающие эффективность пищеварения.

Хорошо влияют на функционирование органов пищеварения сырые овощи и фрукты, способствуя сокоотделению и перистальтике. Организм получает с ними *витамины,* фитонциды, углеводы.

Салаты и супы стимулируют сокоотделение и облегчают пищеварение, а молочнокислые продукты уничтожают вредную микрофлору кишечника.

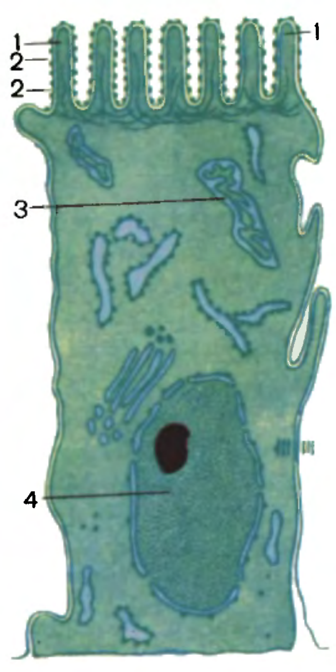


Рис. 4. Схема строения кишечной клетки, осуществляющей мембранное пищеварение: 1 — микроворсинка; 2 — ферменты, располагающиеся на мембранах микроворсинок; 3 — митохондрия; 4 — ядро.

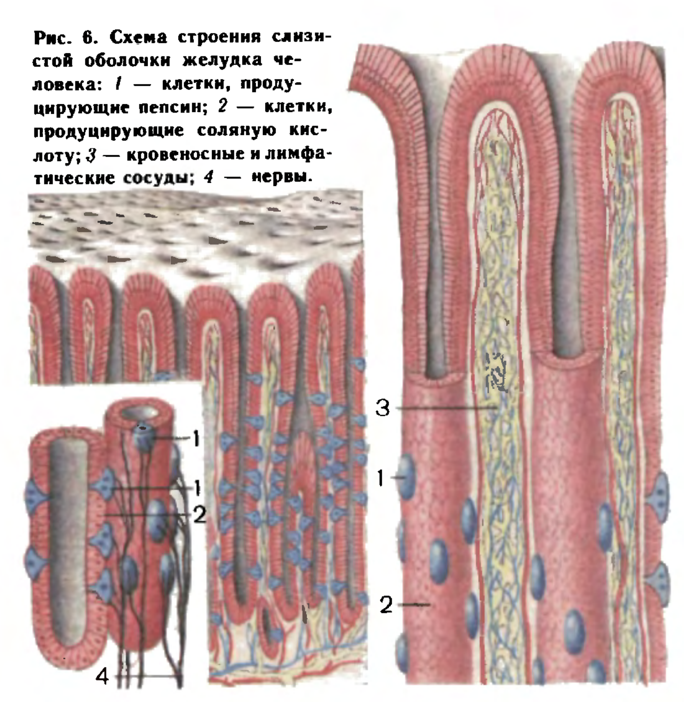


Рис. 6. Схема строения слизистой оболочки желудка человека: 1 — клетки, продуцирующие пепсин; 2 — клетки, продуцирующие соляную кислоту; 3 — кровеносные и лимфатические сосуды; 4 — нервы.

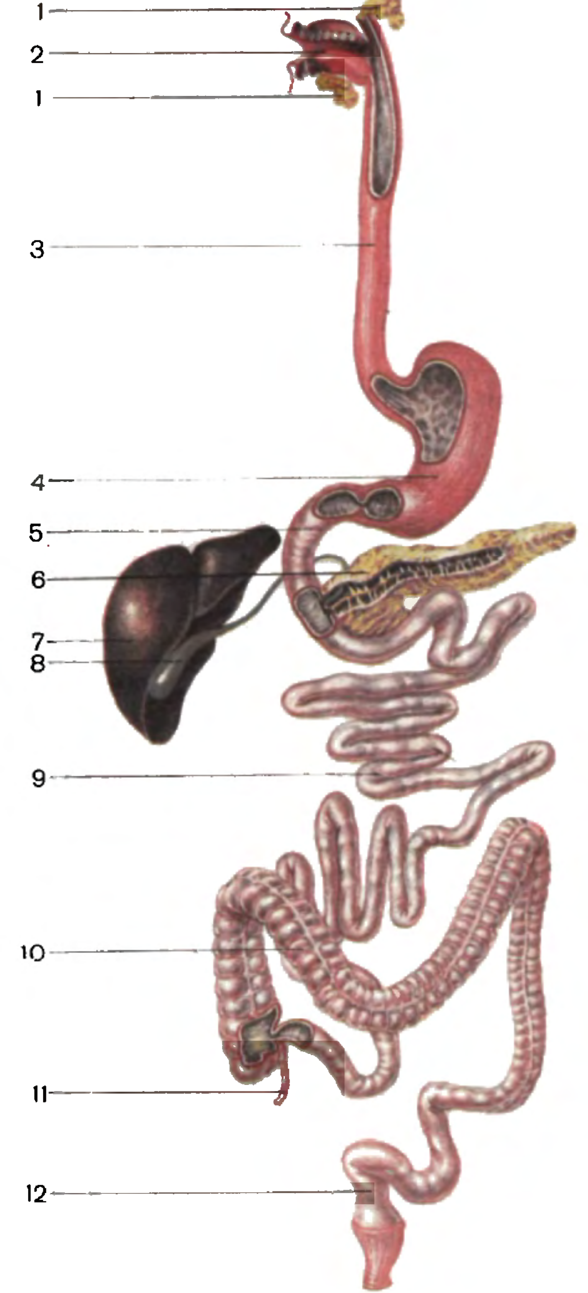


Рис. 5. Пищеварительная система человека: 1 — слюнные железы; 2 — полость рта; 3 — пищевод; 4 — желудок; 5 — двенадцатиперстная кишка; 6 — поджелудочная железа; 7 — печень; 8 — желчный пузырь; 9 — тонкий кишечник; 10 — толстый кишечник; 11 — аппендикс; 12 — прямая кишка.

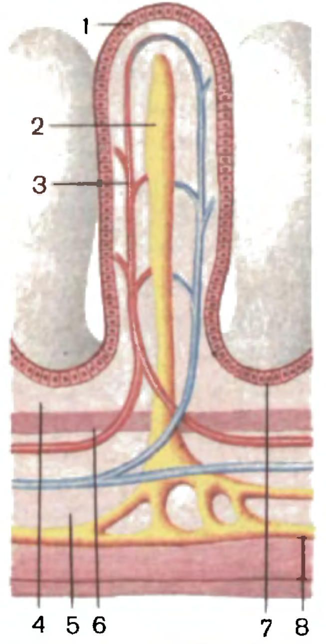


Рис. 7. Схема строения ворсинки тонкого кишечника человека: 1 — цилиндрический эпителий; 2 — центральный лимфатический сосуд; 3 — капиллярная сеть; 4 — слизистая оболочка; 5 — подслизистая оболочка; 6 — мышечная пластинка слизистой оболочки; 7 — кишечная железа; 8 — лимфатический канал.

вых остатков, образуются ядовитые вещества, которые всасываются и током крови доставляются в печень. Здесь происходит защитный синтез, вещества обезвреживаются и в конечном счете выводятся из организма.

Гладкая мускулатура кишечника совершает маятникообразные и перистальтические (червеобразные) движения, которые способствуют перемешиванию содержимого кишечника и продвижению его в сторону анального отверстия. Движения толстого кишечника слабее, чем тонкого, и поэтому каловые массы задерживаются в нем почти на сутки. Длительная задержка каловых масс при запорах вызывает самоотравление организма, ведь защитные свойства печени не беспредельны, поэтому опорожнение кишечника должно быть ежедневным.

Для здоровья огромное значение имеет соблюдение правил питания. Пища должна быть сбалансирована по количеству белков,

жиров, углеводов и других питательных веществ. Для каждого возраста разработаны нормы питания. Переедание, беспорядочный прием пищи, еда наспех грязными руками, употребление алкоголя, курение, нервозная обстановка за столом — все это приводит к болезням пищеварительного тракта.

ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ

В *экосистемах* группы видов последовательно связаны между собой как хищник и жертва. В любой экосистеме есть первичные продуценты (производители) органического вещества — организмы-*автотрофы* (в основном это зеленые растения). Они, в свою очередь, служат пищей для разнообразных организмов-*гетеротрофов* — всех животных, грибов, некоторых микроорганизмов. Среди них выделяют первичных консументов (потребителей) — растительноядных животных (например, кузнечики среди насекомых, копытные среди млекопитающих) и вторичных консументов, или собственно хищников, разных рангов, разного порядка, поедающих других животных. Получается, что живые существа, относящиеся к самым разным систематическим группам, могут играть в экосистемах одну и ту же

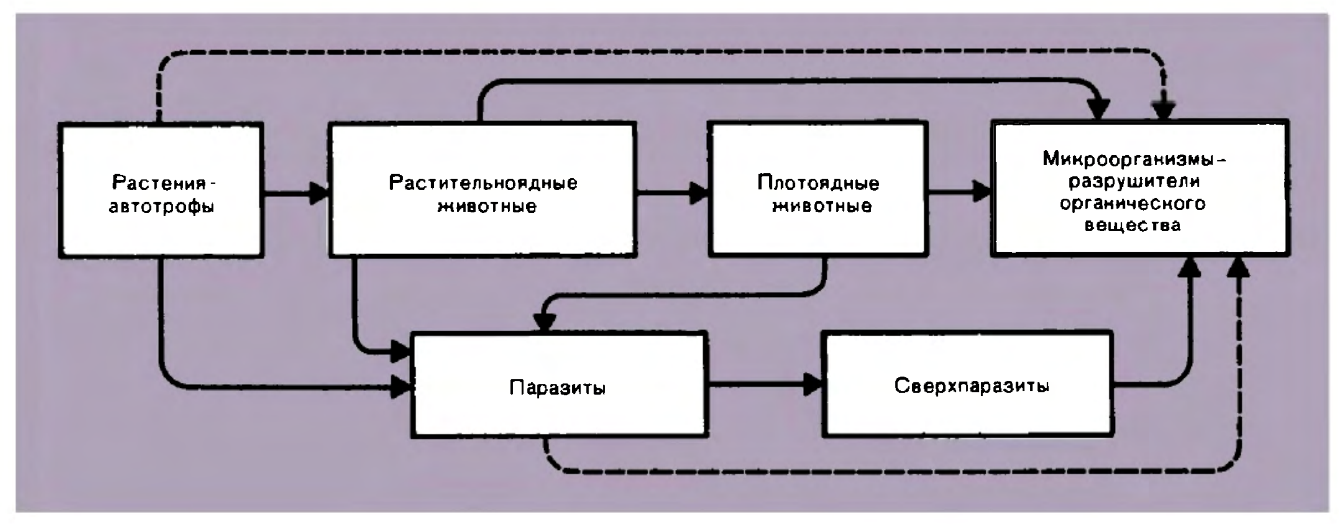
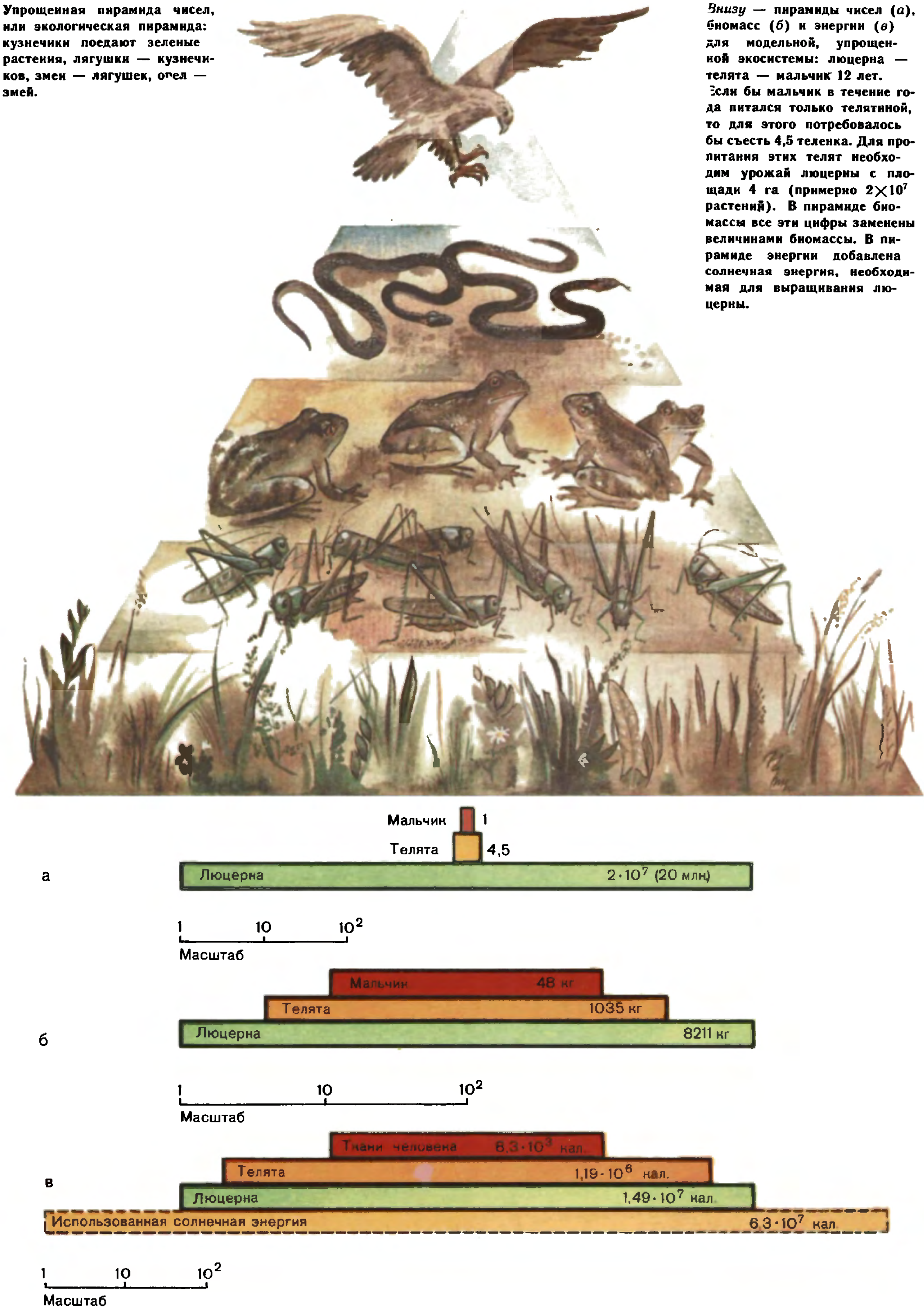


Схема цепи питания.

Внизу **— пищевые связи («пищевая паутина») в биоценозе арктической тундры летом.**



Упрощенная пирамида чисел, или экологическая пирамида: кузнечики поедают зеленые растения, лягушки — кузнечиков, змеи — лягушек, орел — змей.

Внизу — **пирамиды чисел (*а*), биомасс (*б*) и энергии (*в*) для модельной, упрощенной экосистемы: люцерна — телята — мальчик 12 лет. Если бы мальчик в течение года питался только телятиной, то для этого потребовалось бы съесть 4,5 теленка. Для пропитания этих телят необходим урожай люцерны с площади 4 га (примерно 2×10^7 растений). В пирамиде биомассы все эти цифры заменены величинами биомассы. В пирамиде энергии добавлена солнечная энергия, необходимая для выращивания люцерны.**

роль, так как принадлежат к одному и тому же пищевому, или трофическому, уровню. Взятые все вместе, они и образуют пищевую цепь экосистемы, или, точнее, пищевую сеть.

Взаимоотношение организмов разного трофического уровня в экосистемах для наглядности можно представить в виде так называемых экологических пирамид: пирамиды чисел, пирамиды биомасс и пирамиды энергии. В наземных экосистемах биомасса продуцентов больше, чем биомасса консументов первого порядка; консументов первого порядка больше,

чем консументов второго порядка, и т. д. В водных экосистемах пирамида биомасс может иметь обратный вид.

Пищевые цепи бывают короткие и длинные. Пример короткой цепи с одним продуцентом и двумя консументами: трава — кролик — лисица. Пример длинной цепи, включающей консументов 5-го порядка: обыкновенная сосна — тля — божья коровка — пауки — насекомоядные птицы — хищные птицы. Иногда в пищевой цепи происходит уменьшение размеров особей и увеличение их численности на каждом трофическом уровне: травоядное млекопитающее — обитающие на нем паразиты (например, блохи) — лептомонады (простейшие в крови блох).

ПЛАЗМИДЫ

В *клетках* ряда *бактерий* кроме ДНК, входящей в состав бактериальных *хромосом,* были обнаружены плазмиды — внехромосомные кольцевые двухцепочечные молекулы ДНК. По размеру плазмиды меньше бактериальных хромосом и содержат от 8 до 200 тыс. нуклеотидных пар. В одной клетке может находиться от 1—2 до нескольких десятков плазмид. Это число постоянно. Плазмиды реплицируются (размножаются) независимо от бактериальной хромосомы. Но некоторые плазмиды, так называемые эписомы, могут встраиваться в хромосому и реплицироваться вместе с ней. *Транскрипция* и *трансляция* генетического материала плазмид идут с помощью клеточных механизмов, т. е. так же, как у *вирусов.* Плазмиды передаются при делении дочерним клеткам, а также могут попадать в бактерии при клеточных контактах.

Плазмиды несут от 2—3 до 90 *генов,* которые придают клеткам характерные свойства, например: способность передавать хромосомную ДНК от одной бактерии к другой, вырабатывать *белки*-яды, губительные для других бактерий. Серьезной проблемой медицины во всем мире стала борьба с патогенными микроорганизмами, устойчивыми к *антибиотикам.* Распространение таких бактерий может привести к эпидемиям, которые невозможно ликвидировать. Устойчивость к антибиотикам связана с тем, что клетки несут R-плазмиды (от латинского слова resistere — сопротивляться), определяющие синтез инактивирующих антибиотики *ферментов.*

Одной из интереснейших тем современной молекулярной биологии, генетики и *эволюции* стало изучение плазмид почвенных бактерий— агробактериума. Эти плазмиды попадают в клетки растения от бактерии при повреждении растительных *тканей.* Попав в клетку, бактериальная плазмида встраивается в хромосому растения и «заставляет» растение синтезировать и выделять в почву необычные *аминокислоты,* которые усваиваются только клетками агробактериума. Это единственный пока пример обмена генетическим материалом между *прокариотами* и *эукариотами.*

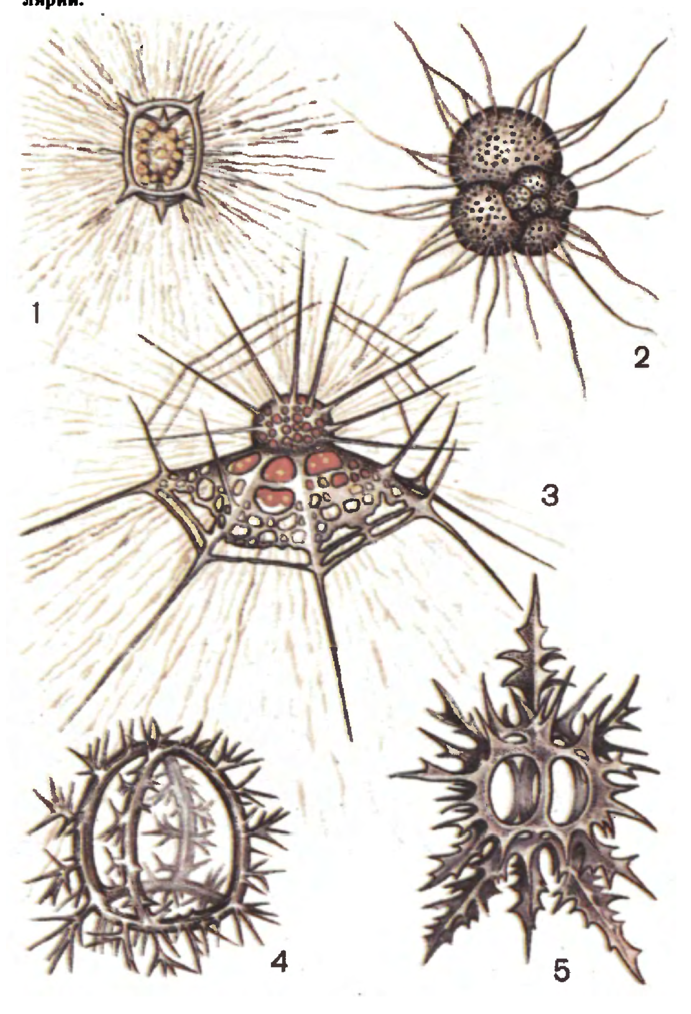
Ученые разработали методы выделения и введения плазмид в бактериальные клетки. Можно, используя специальные ферменты, разрезать плазмиды, встраивать в них новые гены и сшивать молекулы. Такие плазмиды служат для переноса генетической информации (т. е. являются векторами), в *генной инженерии.*

ПЛАНКТОН

Планктон (от греческого слова planktos — блуждающий) — совокупность *бактерий,* растений и животных, населяющих толщу воды и не способных активно перемещаться на большое расстояние. Бактерии и растения образуют фитопланктон (иногда бактерий выделяют в бактериопланктон), животные — зоопланктон.

Размеры планктонных организмов колеблются от нескольких микрометров (бактерии)

Микропланктон: *1* **— радиолярия с симбиотическими водорослями (желтые);** *2* **— фораминифера;** *3* **— радиолярия;** *4, 5* **— скелеты радиолярий.**



Макропланктон: *1* — гидроидный полип парусник; *2* — колониальная сифонофора «португальский кораблик»; *3* — рачки; *4* — гребневик «венерин пояс»; *5* — медуза-корнерот; *6* — гребневики «морская смородина»; *7* — медуза крестовичок; *8* — мальки рыб; *9* — крылоногий моллюск «морской ангел»; *10* — мезопланктон (личинки краба, морской звез-



до нескольких метров (медуза цианея, диаметр которой 2 м, а щупальца достигают 30 м). Морской планктон состоит в основном из диатомовых водорослей, ракообразных, простейших (радиолярии, некоторые фораминиферы), кишечнополостных (медузы и др.), икринок и личинок рыб. В пресных водах планктон формируют диатомовые и зеленые водоросли, цианобактерии, а из животных — ветвистоусые и веслоногие рачки, коловратки. Планктонные организмы не способны противостоять переносу течениями, но способны к вертикальным *миграциям,* которые в морях могут составлять сотни метров.

Для большинства планктонных организмов характерны приспособления для парения в толще воды: длинные выросты (частично они служат и защитой от хищников), газовые или жировые включения, студенистость тканей (для уменьшения удельной массы тела) и т. п. Развитие фитопланктона зависит от количества питательных веществ (в основном фосфатов), кислорода и интенсивности освещения. Например, в умеренных водах зимой фитопланктона мало из-за недостатка света. Фитопланктон служит пищей для зоопланктона и нектона — активно плавающих водных животных (кальмаров, рыб, морских рептилий и млекопитающих).

ПЛАСТИДЫ

Пластиды (от греческого слова plastos — вылепленный, оформленный) — общее название органоидов, содержащихся только в растительных *клетках*: хлоропластов, лейкопластов, протеопластов, амилопластов, хромопластов.

Эмбриональные клетки растений содержат незрелые пластиды — пропластиды. Они имеют неправильную форму, окружены двумя *мембранами* и могут двигаться, подобно амебам. У одних растений пропластиды при половом размножении передаются обеими *гаметами*, у других — только яйцеклеткой. Пропластиды могут возникать и путем отпочковывания. В за-

ды, рыбья икринка, диатомовые водоросли, щетинкочелюстное животное «морская стрелка», веслоногие рачки).

висимости от типа *ткани* пропластиды развиваются в зеленые хлоропласты, содержащие хлорофилл, а также в темноте — в производные от них формы: желтые или красные хромопласты или бесцветные лейкопласты.

В хлоропластах происходит *фотосинтез,* в результате чего энергия солнечных лучей поглощается и превращается в химические энергетические эквиваленты, расходуемые на нужды клетки (АТФ, НАДФН) или же запасаемые в виде органических веществ (сахароза, крахмал).

Хлоропласты хорошо видны в световой микроскоп: величина их 4—6 мкм, они имеют овальную форму и зеленый цвет. Содержатся они в листьях, стеблях, плодах, прицветниках и других зеленых органах растений. Каждый хлоропласт окружен двойной мембраной и имеет сложную систему внутренних мембран.

Основная структурная единица хлоропластов — тилакоид. Он представляет собой плоский мешочек, ограниченный однослойной мембраной. В мембране тилакоида находится зеленый *пигмент* — хлорофилл и другие пигменты, а также *ферменты,* принимающие участие в реакциях фотосинтеза. Тилакоиды собраны в группы, наподобие стопки монет, — граны. Все пространство между гранами заполнено бесцветной стромой, или матриксом, в котором содержатся многие ферменты, участвующие в фиксации углекислого газа. В матриксе содержатся также ДНК, отличная от ДНК *ядра,* разные типы РНК и *рибосомы.*

Хлоропласты имеют возможность синтезировать собственные *белки.* Хлоропласты делятся независимо от деления клетки. В каждой клетке в среднем около 20—40 хлоропластов.

В последние годы все более вескими научными данными подкрепляется гипотеза симбиотического происхождения хлоропластов растений (см. *Симбиоз*).

Хромопласты окрашивают в желтый, оранжевый и красный цвета многие цветки, плоды и некоторые корни, так как содержат пигменты — каротиноиды. Они бывают округлыми, многогранными, веретеновидными. Хромопласты — это вместилища *биологически активных веществ*

Лейкопласты — это бесцветные пластиды округлой или веретенообразной формы. Их можно обнаружить в подземных частях растений, семенах, эпидермисе, сердцевине стебля. Они содержат ДНК, зерна крахмала и пластидный центр, который состоит из скопления пузырьков или сети разветвленных трубочек. Лейкопласты, запасающие белки, называют протеопластами, а запасающие крахмал — амилопластами.

ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

Сведения о поведении животных были накоплены людьми на протяжении многих веков. Постепенно сформировалось представление о том, что оно складывается из двух основных компонентов — *инстинкта* и обучения. Ряд биологов, начиная с *Ч. Дарвина,* выделяют и третий фактор — элементарную рассудочную деятельность. Она обусловливает поведение животного в новых, внезапно возникающих условиях, реакция на которые не предусмотрена ни инстинктом, ни результатами предшествующего обучения. Биологические основы поведения животных и его значение для приспособления их к *среде обитания* в ходе индивидуального развития и в процессе *эволюции* изучает наука этология (от греческих слов ethos — нрав, характер и logos — учение). Основной предмет исследования этологии составляют инстинкты. Обучение и рассудочную деятельность животных изучают зоопсихология и физиология *высшей нервной деятельности.*

В своей работе этологи опираются прежде всего на наблюдения и тщательное описание поведения животных в естественных условиях. Используя киносъемку, магнитофонные записи, хронометраж, этологи составляют перечни характерных для вида актов поведения — этограммы. Сравнительный анализ этограмм разных видов лежит в основе изучения эволюции поведения животных.

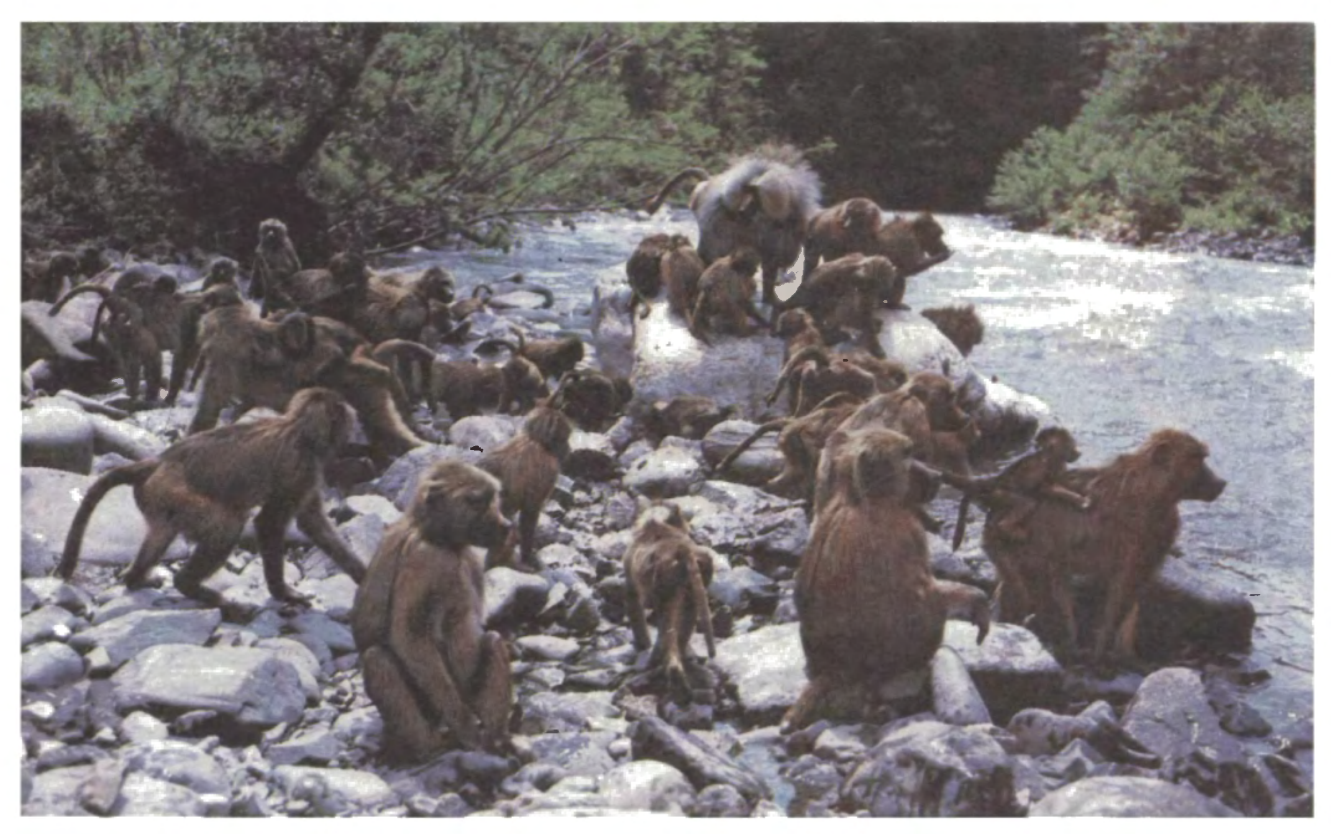
Как самостоятельное научное направление этология оформилась в 30-е гг. нашего века. Ее основоположники — австрийский ученый К. Лоренц и нидерландский ученый Н. Тинберген. Наблюдая за поведением животных в естественных условиях или в неволе, они выяснили основные особенности инстинктов как сложных врожденных двигательных реакций, описали врожденное опознавание ключевых стимулов (см. *Инстинкт*) и их роль в запуске инстинктивных реакций. Ученые исследовали те внутренние механизмы, которые контролируют инстинкты, и тем самым заложили основу контакта этологии с физиологией.

Поведение животных имеет важное значение в их приспособлении к среде обитания (см. *Адаптация*). Это одна из центральных проблем, которыми занимаются этологи.

Большое внимание уделяется изучению индивидуального развития поведения животных. Какова роль врожденного и приобретенного в их поведении?

Как и любой признак организма, поведенческие признаки обусловлены генетической программой при большем или меньшем воздействии внешних факторов. Подопытных животных воспитывали в изоляции от воздействия определенных факторов внешней сре-

Сообщества павианов, состоящие из взрослых особей, подростков и детенышей, характеризуются ярко выраженной иерархией. Господствующее положение занимает сильный взрослый самец— вожак.



ды, например без контакта с сородичами или без доступа к какому-то виду пищи. Оказалось, что одни признаки поведения — инстинктивные действия — развиваются у животного независимо от индивидуального опыта или же требуют воздействия среды лишь в определенный, чувствительный период развития (см. *Запечатление*). Способность к развитию других признаков, хотя и заложена в генетической программе, полностью реализуется в *фенотипе* только при дополнительном обучении.

Изучая общественное поведение животных, этологи установили, что многообразные и сложные инстинкты обеспечивают их рассредоточение в пространстве и поддерживают определенную гармонию при жизни в сообществе.

Поведение животных в процессе эволюционного развития не остается неизменным. Эволюцию поведения изучают путем сопоставления

Передача рыбки самцом малой крачки самке — пример брачного ритуала у птиц.



Морские котики живут организованными сообществами, которые занимают определенную территорию. *На снимке:* лежбище морских котиков на Командорских островах.



Большие голубые «зеркальца» у птенцов соек имеют очень важное значение — это стимуляторы родительского поведения взрослых птиц.



У некоторых общественных насекомых взаимоотношения особей регулируются на основе разделения труда между кастами. ***На снимке:*** **рабочие муравьи тащат добычу в муравейник.**



инстинктивных действий у разных видов. Иногда оказывается, что признаки поведения охватывают более широкую группу животных и филогенетически более древние, чем некоторые морфологические признаки, на которых основана *систематика.*

Развитие этологических исследований важно для многих сторон деятельности человека. Знание поведения животных способствует успешной охране, восстановлению и рациональному использованию *фауны,* имеет большое значение для сельского, охотничье-промыслового и лесного хозяйства. Изучение особенностей группового поведения сельскохозяйственных животных в наше время особенно важно в связи с внедрением в животноводство индустриальных методов их содержания и разведения.

ПОЛ

Пол — это совокупность генетических, морфофизиологических и других особенностей, отличающих мужские и женские особи друг от друга. Половые различия позволяют особям противоположного пола производить разные *гаметы* и размножаться половым путем (см. *Оплодотворение, Размножение*). Особь, образующую только мужские гаметы, называют мужской, только женские — женской, а образующую те и другие гаметы — обоеполой (гермафродитной). Мужскую особь обозначают знаком Марса (♂), женскую — знаком Венеры (♀), а обоеполую — знаком ⚥.

У ряда низших животных (некоторые черви, моллюски) один и тот же организм несет в себе признаки мужского и женского пола (имеет мужские и женские половые органы и производит оба типа гамет). Это гермафродитизм, или обоеполость. Некоторые гермафродитные виды способны к самооплодотворению (например, паразитические ленточные черви), но чаще этому препятствуют различные приспособления, например развитие семенников и яичников в разные сроки.

Большинство животных раздельнополы. Морфологические и физиологические признаки, по которым различаются особи разного пола, называют половыми признаками. Выделяют первичные половые признаки — половые органы (яичники и семенники) и вторичные — форма и размеры тела, молочные железы, борода у человека, грива у льва, рога у оленя и др. Различие между полами по этим признакам называется половым диморфизмом (рис. 1, 2).

Отношение числа мужских особей к числу женских представляет собой соотношение полов. Оно бывает первичное (для зигот), вторичное (для новорожденных) и третичное (для взрослых организмов).

У *эукариот* набор *хромосом* в клетках особей разного пола различен. Кроме хромосом, одинаковых для обоих полов, — аутосом есть пара половых хромосом, которые участвуют в определении пола. Их обозначают латинскими буквами X и Y. Клетки одного пола имеют двойной набор аутосом и две одинаковые X-хромосомы (XX). Это гомогаметный пол. Клетки другого пола содержат аутосомы и две разные половые хромосомы (XY). Это гетерогаметный пол. У млекопитающих, нематод, моллюсков, иглокожих и большинства членистоногих мужской пол гетерогаметен. У насекомых и рыб гетерогаметность встречается как у мужского, так и у женского пола. Гетерогаметность женского пола свойственна птицам, пресмыкающимся и некоторым земноводным.

У некоторых беспозвоночных, например у



Рис. 1. Половой диморфизм у благородного оленя: самцы имеют рога.



Рис. 2. У уток крякв самец и самка различаются окраской оперения: селезень окрашен более ярко и нарядно.

морского червя бонеллии, пол может зависеть от условий внешней среды, в которой развивается потомство. Если личинка закрепляется на самом материнском организме, то она развивается в мужскую особь, а если далеко от него — то в женскую. У человека и других млекопитающих пол определяется в момент оплодотворения в зависимости от того, какой сперматозоид (несущий X- или Y-хромосому) соединится с яйцеклеткой, несущей X-хромосому. Это хромосомное определение пола (рис. 3). Дальнейшее развитие признаков пола происходит под действием половых гормонов (см. *Половая система*). Иногда генетический пол, определяемый половыми хромосомами, может быть изменен на противоположный пол действием условий среды, *гормонов* противоположного пола и других факторов. Такое искусственное переопределение пола широко используется, например, в рыбоводстве.

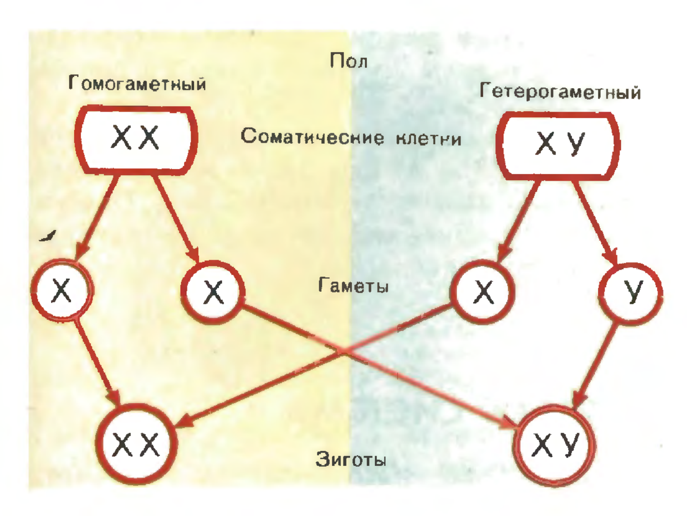
У гермафродитных и раздельнополых видов за счет перераспределения и слияния генетической информации родителей в процессе *мейоза* и *оплодотворения* возрастает наследственная *изменчивость* потомства. При этом в *популяции* распространяются полезные *мутации* и комбинации признаков, обеспечивающие выживание особей.

В циклах развития большинства растений образование гамет связано с жизнедеятельностью гаплоидной фазы — гаметофита, или полового поколения. Поэтому, строго говоря, мужскими, женскими или обоеполыми безоговорочно можно называть лишь гаметофиты, да и то не всех растений. Низшие растения, для которых характерен изогамный половой процесс (см. *Оплодотворение*), либо вообще не имеют половых различий, либо различия есть, но гаметы и производящие их особи не могут быть названы мужскими или женскими. Гаметофиты гетерогамных и оогамных низших растений могут быть мужскими, женскими и обоеполыми.

Все высшие растения оогамны. Лишь для мохообразных характерно преобладание в жизненном цикле гаметофита, а спорофит (спорогоний) развивается на гаметофите. Среди мохообразных есть раздельнополые (мужские и женские) и обоеполые растения. Гаметофиты папоротникообразных (зáростки), занимающие подчиненное положение в циклах развития, развиваются из *спор* и существуют самостоятельно. У равноспоровых папортникообразных заростки обоеполые, у разноспоровых — сильно редуцированные раздельнополые, из которых наиболее редуцирован мужской.

Всем голосеменным и покрытосеменным растениям свойственна разноспоровость, а следовательно, и раздельнополость заростков (гаметофитов), развивающихся в спорангиях, так как споры из спорангиев не высеиваются. Максимальную редукцию можно наблюдать у заростков покрытосеменных. Все стадии развития женского заростка — зародышевого мешка — у них проходят в семязачатке; там же происходит и двойное оплодотворение (см. *Оплодотворение*). Развитие мужского заростка —

Рис. 3. Хромосомное определение пола.



пыльцевого зерна — начинается в пыльнике, а завершается после опыления, т. е. попадания пыльцевого зерна на рыльце пестика.

У некоторых растений в одних цветках имеются пестики, но нет тычинок (пестичные цветки), в других есть тычинки, но нет пестиков (тычиночные цветки). Поскольку в первых развиваются только женские заростки, а во вторых — только мужские, еще более редуцированные, такие цветки также называют соответственно женскими и мужскими, хотя речь идет об органах спорофита, а не гаметофита. Если женские и мужские цветки развиваются на одном растении, их называют однодомными, а если на разных особях — двудомными. Экземпляры растений, имеющие только тычиночные цветки, также часто называют мужскими, а имеющие только пестичные цветки — женскими.

ПОЛИПЛОИДИЯ

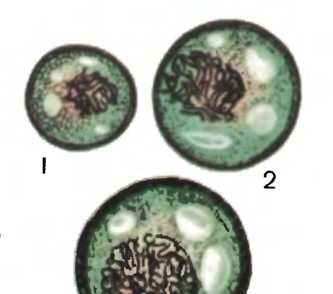
Полиплодия (от греческих слов polyploos — многократный и eidos — вид) — наследственное изменение, заключающееся в кратком увеличении числа наборов *хромосом* в клетках.

Дети всегда похожи на обоих родителей. Происходит это потому, что в каждой их *клетке* находятся два набора хромосом, два комплекта *генов* — один материнский и один отцовский. Такой двойной, или диплоидный (от греческих слов diploos — двойной и eidos — вид), набор хромосом типичен для живой природы. Он достаточен для преемственности поколений. Но в некоторых *тканях* диплоидных организмов в процессе их развития появляются клетки, в которых 4, 8 или гораздо больше наборов хромосом. Такие клетки называют полиплоидными, а сам процесс — соматической полиплоидией (от греческого слова soma — тело). Такая частичная полиплоидизация клеток некоторых тканей очень широко распространена, она свойственна всем изученным классам животных и растений. Например, у млекопитающих много полиплоидных клеток находят в печени, сердце, среди пигментных клеток и др. Другое явление — генеративная полиплоидия, исходно свойственная организмам или искусственно создаваемая при *оплодотворении.* В этом случае все клетки организма полиплоидные. Такой вариант полиплоидии наиболее свойствен растениям, особенно высшим.

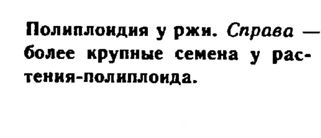
Для полиплоидных растений обычно характерны крупные размеры. Избыток хромосом повышает их устойчивость к болезням и многим повреждающим воздействиям, например к радиации: при повреждении одной или даже двух сходных (гомологичных) хромосом остаются другие такие же совершенно целые. Полиплоидные особи жизнеспособнее диплоидных. Многие виды растений полиплоидные. Вероятно, так же эволюционировали и некоторые животные. Примером могут служить некоторые черви, насекомые, рыбы и др.

Человек давно использует полиплоидию для выведения высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных растений. Не так давно, до начала нашего века, это делалось бессознательно: просто размножали самые крупные экземпляры, дающие много зерна или же особенно крупные плоды. Отбором лучших растений закрепляли признак, нужный человеку. С появлением генетики выяснилось, что такие гиганты — природные полиплоиды и, следовательно, их отбор — это выделение полиплоидного сорта из предкового, диплоидного вида. Тогда полиплоиды стали создавать.

Есть вещество колхицин, задерживающее деление клеток: число хромосом перед делением удваивается, как обычно, но клетка не делится, и в ней получается 4 набора хромосом. Воздействуя раствором колхицина на

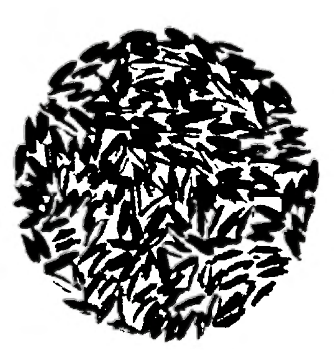


Полиплоидия у гиацинта: *1* — гаплоидное пыльцевое зерно, содержащее в ядре 12 хромосом; *2* — диплоидное, содержащее 24 хромосомы; *3* — тетраплоидное — 48 хромосом.



Полиплоидия у ржи. *Справа* — более крупные семена у растения-полиплоида.





семена, можно получить полиплоидное растение. Задержать деление клетки можно также рентгеновским облучением, нагревом и некоторыми другими воздействиями. Можно воздействовать на гаметы и получить зиготу с умноженнным числом хромосом, которое сохранится во всех ее потомках — соматических клетках. У растений, которые размножаются и вегетативным путем (см. *Размножение*), можно получить полиплоидное потомство от природного или выведенного полиплоида.

Около 80% современных культурных растений — полиплоиды. Среди них хлебные злаки, овощные и плодовые культуры, многие ягодные, цитрусовые, некоторые технические и лекарственные растения. Среди сортов декоративных растений также немало полиплоидов. Советские ученые вывели триплоидную свеклу, отличающуюся от обычной не только крупными размерами корнеплодов, но и повышенной их сахаристостью, а также устойчивостью к болезням. Выведена полиплоидная гречиха, гораздо более урожайная, чем исходные, диплоидные сорта. Возможно получение межвидовых полиплоидных гибридов, например ржи и пшеницы, капусты и редьки.

Экспериментально полученные полиплоиды животных — большая редкость. Так, советскому ученому-генетику *Б. Л. Астаурову* методом межвидовой гибридизации удалось получить полиплоидную форму тутового шелкопряда, продуцента шелка. Ученые вывели полиплоидных рыб, а в последнее время и птиц, например кур. Однако внедрение полиплоидных пород животных в практику сельского хозяйства — дело будущего.

ПОЛИФИЛИЯ

Полифилия (от греческих слов polys — многий и phylon — род, племя) — происхождение систематической группы высокого ранга от нескольких групп того же ранга (отряд из двух отрядов и т. д.) Некоторые ученые считают, что в результате далеко заходящей *конвергенции* (схождения признаков) могут возникнуть группы видов, трактуемые как единые классы, отряды, семейства и т. д.

Сейчас такие группы считают искусственными, и доказательство полифилетического происхождения является поводом для их разделения. Например, в начале прошлого века систематики выделяли отряд толстокожих, куда входили слон, носорог и гиппопотам. На деле носорог оказался родственником лошади (отряд непарнокопытных), гиппопотам — свиньи (отряд парнокопытных), и лишь слоны образуют естественную группу, близкую к морским коровам, даманам и трубкозубу. В начале нашего века зайцеобразных (кролики, зайцы, пищухи) выделили из отряда грызунов, так как их сближало лишь конвергентное сходство в строении резцов; голенастых птиц разделили на отряды журавлеобразных и аистообразных.

Истинная полифилия в эволюции может создаваться в отдельных редких случаях, как результат отдаленной гибридизации. Однако способные к скрещиванию виды всегда происходят от одного предка.

ПОЛОВАЯ СИСТЕМА

Половая система — это совокупность *органов*, обеспечивающих половое *размножение* организма. В ней образуются половые клетки — *гаметы* (сперматозоиды или яйцеклетки), а у многих организмов происходит *оплодотворение* и развитие оплодотворенной яйцеклетки.

В половой системе различают половые железы, или гонады, — семенники и яичники; половые пути — семяпроводы и яйцеводы; дополнительные, или придаточные, железы, копулятивные органы и органы вынашивания (при живорождении). В гонадах образуются и созревают гаметы, которые выводятся из организма через половые пути. У самцов придаточные железы выделяют секрет, служащий физиологической средой для сперматозоидов, у самок — вещества, из которых образуются оболочки яиц (например, белок и скорлупа куриного яйца). Копулятивные органы обеспечивают при внутреннем оплодотворении процесс переноса спермы из тела самца в тело самки (копуляцию).

У животных половые железы и их протоки могут быть одиночными, парными или множественными. У многих водных животных при наружном оплодотворении гаметы выходят по протокам прямо во внешнюю среду. Мужские гаметы всегда образуются в значительно больших количествах, чем женские, для того чтобы увеличить вероятность оплодотворения.

Основные эволюционные изменения половой системы связаны с переходом от гермафродитизма к раздельнополости, от внешнего оплодотворения к внутреннему и от развития потомства вне тела к живорождению. У гермафродитных видов половые железы вырабатывают оба типа гамет. У раздельнополых организмов на стадии эмбрионального развития имеются зачатки как мужской, так и женской половой системы. Затем под действием половых гормонов развивается либо мужская, либо женская особь. У позвоночных органы половой и *выделительной систем* взаимосвязаны, поэтому часто говорят о

Рис. 1. Мужская половая система: *1* — семенной пузырек; *2* — семяизвергательный канал; *3* — мошонка; *4* — яичко; *5* — мочевой пузырь; *6* — семявыносящий проток; *7* — предстательная железа; *8* — мочеиспускательный канал; *9* — половой член.

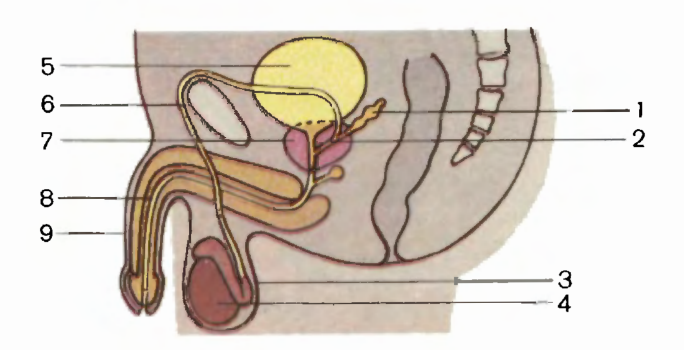
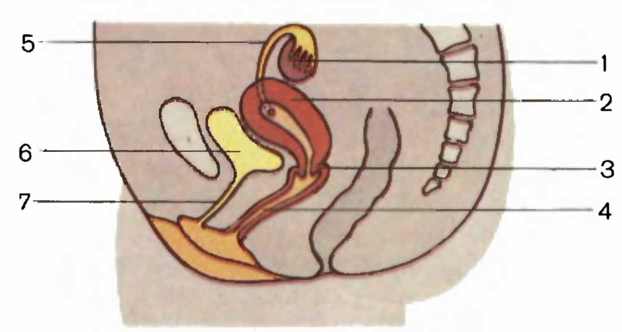


Рис. 2. Женская половая система: *1* — яичник; *2* — матка; *3* — шейка матки; *4* — влагалище; *5* — фаллопиева труба; *6* — мочевой пузырь; *7* — мочеиспускательный канал.

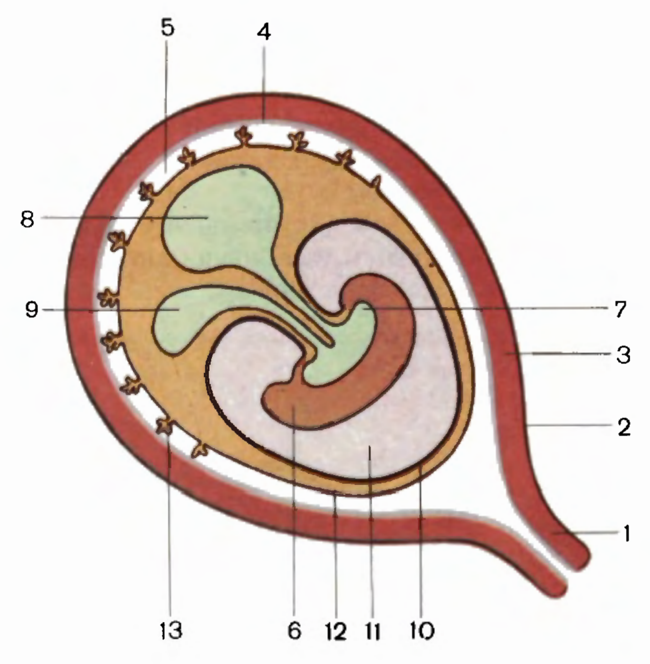


мочеполовой системе. С повышением уровня организации позвоночных происходит более или менее полное обособление половых путей от мочевых (костистые рыбы, хвостатые амфибии, высшие позвоночные).

У большинства наземных форм (насекомые, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие и др.) для того, чтобы обеспечить внутреннее оплодотворение, образовались специальные копулятивные органы. При этом значительно увеличилась вероятность встречи гамет, что вместе с возрастанием заботы о потомстве определило второе направление эволюции — уменьшение числа производимых яйцеклеток. Кроме того, в ряде групп независимо развились приспособления для вынашивания зародышей в теле матери и удлинился срок внутриутробной жизни. Наивысшее развитие эти приспособления получили у млекопитающих.

Мужская половая система человека (рис. 1). Семенники парные и расположены вне полости тела, в мошонке. Поэтому

Рис. 3. Питание зародыша человека и его оболочки: *1* — шейка матки; *2* — соединительнотканевый слой матки, *3* — мышечный слой; *4* — слизистая оболочка; *5* — плацента; *6* — зародыш; *7* — первичный пищеварительный канал; *8* — желточный мешок; *9* — аллантоис; *10* — амнион; *11* — амниотическая полость; *12* — хорион; *13* — ворсинки хориона.

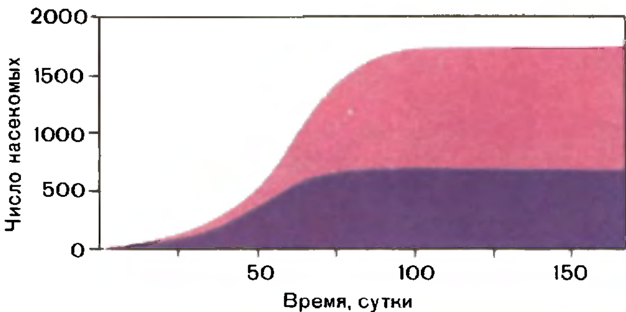


температура в семенниках оказывается на 3—4° ниже температуры брюшной полости, что очень важно для обеспечения нормального сперматогенеза. Кроме образования спермы семенники выполняют также функцию желёз внутренней *секреции* (см. *Эндокринная система)*, вырабатывая мужские половые *гормоны* — андрогены. Под их действием формируются мужские вторичные половые признаки (например, борода, усы). Придаточные железы — предстательная железа и семенные пузырьки — вырабатывают семенную жидкость, которая служит для транспорта и питания сперматозоидов. Семявыносящий проток выходит из мошонки в брюшную полость и впадает в мочеиспускательный канал — уретру, представляющую собой узкую трубку, ведущую из мочевого пузыря наружу и проходящую внутри полового члена, выполняющего копулятивную функцию.

Женская половая система (рис. 2). Яйцеклетки созревают в двух яичниках, которые располагаются в полости тела. Яичники также являются одновременно железами внутренней секреции и вырабатывают женские половые гормоны — эстрогены. При овуляции (в среднем раз в 28 дней) зрелая яйцеклетка выходит в брюшную полость и попадает в расширенную воронку ближайшего из двух яйцеводов (фаллопиевых труб). Они представляют собой трубки, открывающиеся одним концом в брюшную полость вблизи яичников, а другим — в матку. Внутри трубки выстланы мерцательным эпителием, который создает ток жидкости, необходимый для движения яйцеклетки по направлению к матке.

Матка — орган, в котором плод развивается до родов. Она состоит из трех слоев — наружного соединительнотканного, мышечного (миометрия) и слизистой оболочки (эндометрия). Мышечный слой образован тремя слоями гладких мышечных волокон, которые позволяют матке сокращаться. Слизистая оболочка покрыта однослойным цилиндрическим эпителием, выполняющим секреторную функцию.

При копуляции семенная жидкость попадает



Рост в эксперименте двух групп мучного хрущака при разном исходном количестве муки (фиолетовым цветом показано 16 г муки, розовым— 64 г). Стабилизация численности наступает задолго до исчерпания запасов муки и определяется тем, что данный объем муки может обеспечить нормальную плотность лишь для определенного числа

во влагалище, а из него — в матку и трубы. Оплодотворение яйцеклетки обычно происходит в трубе, и там же начинается ее деление. Зародыш затем в течение нескольких дней спускается по трубе в матку, которая к этому моменту уже готова его принять. Здесь зародыш внедряется в богатую кровеносными сосудами слизистую оболочку матки. У зародыша есть оболочки — амнион, хорион и аллантоис, окружающие его со всех сторон и служащие для защиты и питания (рис. 3). Хорион врастает в стенку матки и вместе с клетками матки образует плаценту. Через нее зародыш получает питательные вещества, кислород и отдает продукты обмена и углекислый газ. На поздних стадиях развития тело плода соединяется с плацентой при помощи пупочного канатика. В норме период внутриутробного развития — беременность — длится у человека около 280 дней, после чего наступают роды.

ПОПУЛЯЦИЯ

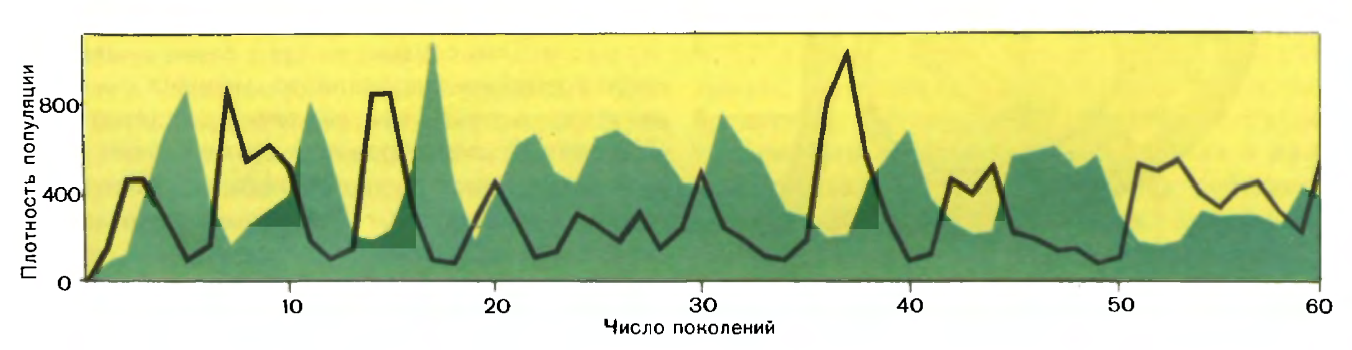
Нет ни одного вида, особи которого распределялись бы в пространстве совершенно равномерно. В местах, особе́нно благоприятных для жизни данного вида, их обитает больше, чем на соседних территориях. Так, лягушки живут в водоемах и других влажных местах, кроты — по луговинам; заросли малины встречаются в лесу отдельными пятнами. Такие группы особей одного вида, которые длительное время населяют какое-либо пространство в течение многих поколений, называют популяциями (от латинского слова populus — народ, население). Особи одной популяции имеют бо́льшую вероятность скрещиваться друг с другом, чем с особями из других популяций.

Популяция — сложная генетическая система. Для каждой популяции характерны определенная численность особей, соотношение самцов, самок и особей разных возрастных групп (новорожденных, молодых, взрослых, старых), частота вариаций разных признаков. Например, в северных популяциях одного вида — прыткой ящерицы все самцы коричневые, в южных — зеленые, а в средней полосе можно встретить в одной популяции и коричневых и зеленых.

Сотни и тысячи поколений — обычное время существования отдельных популяций. Иногда возникают мелкие группки особей, которые существуют 2—3 поколения, но это не настоящие популяции. Ни отдельная особь, ни даже мелкая группа особей вроде семьи не может существовать в процессе *эволюции* долго. Популяция — минимальная группа особей, обладающая собственной эволюционной судьбой.

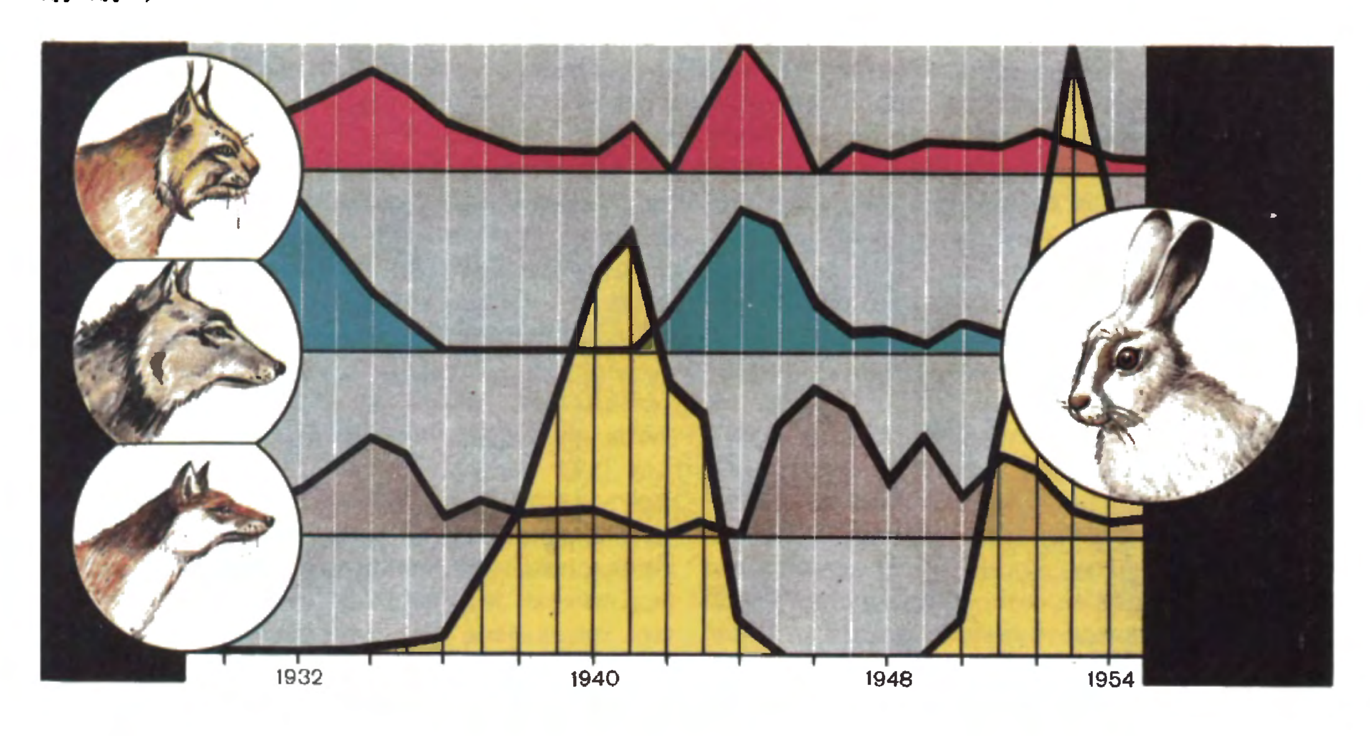
Для любой популяции характерны колебания численности составляющих ее особей. Причин этому множество: обилие или недостаток пищи, изменение климата, враги и др. Число особей в популяции для животных с небольшими размерами тела (большинство беспозвоночных, мышевидные грызуны) может изменяться в 100, а то и в 1 000 000 раз. Для крупных животных размах колебаний обычно меньше — численность их изменяется всего в несколько раз. Эти неизбежные колебания — «волны жизни», как назвал их *С. С. Четвериков*, имеют важное эволюционное значение. Они как бы выносят на поверхность прежде редкие *генотипы*, дают им возможность пройти проверку *естественным отбором*. Например, во время суровой зимы в живых останутся лишь какие-то редкие, наиболее холодоустойчивые организмы, при последующем повышении численности их будет уже большинство.

Колебания численности хозяина (жука долгоносика) и его паразита (мелкого наездника) при совместном содержании в экспериментальных условиях. Зеленое поле — численность долгоносика, черная линия — численность наездника.



личинок (при большей плотности личинки пожирают друг друга).

Связь колебаний численности хищников (рысь, волк, лисица) и жертвы (заяц) в центральных районах европейской части СССР в 1932—1954 гг.



СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ ЧЕТВЕРИКОВ (1880—1959)



Советский биолог Сергей Сергеевич Четвериков был основоположником эволюционной и популяционной генетики. Он первым связал учение о *наследственности* с учением об *эволюции.*

Сын крупного фабриканта, он с детства мечтал стать зоологом. В 1905 г., во время первой русской революции, С. С. Четвериков, тогда студент Московского университета, был членом Всероссийского стачечного комитета. Окончив университет, он занялся энтомологией и стал известным специалистом по бабочкам. Но вскоре его увлекла молодая в то время наука — генетика.

В 1926 г. С. С. Четвериков написал свою главную работу «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики». Самые крупные специалисты сейчас приравнивают ее по значимости к трудам основоположника генетики — *Г. Менделя.* Дело в том, что в 20-е гг. между генетикой и *эволюционной теорией Дарвина* возникло разногласие. Высказывались, например, мнения, что генетика отменила якобы устаревший *дарвинизм.*

С. С. Четвериков показал, что это не так: расширение наших знаний о природе наследственности, наоборот, укрепило и развило дарвинизм. Выход в свет его работы дал начало синтетической теории эволюции, объединившей генетику и учение Дарвина, — эволюционной генетике (хотя название это появилось много позже).

Ученики С. С. Четверикова известные ученые — *Б. Л. Астауров,* Д. К. Беляев, С. М. Гершензон, Д. Д. Ромашов, *Н. В. Тимофеев-Ресовский* и другие — подтвердили его выводы в многочисленных экспериментах. Их работы заложили основы новой отрасли генетики — популяционной.

В 1935—1948 гг. Четвериков был заведующим кафедрой генетики Горьковского университета. В это время он занимался выведением новой породы дубового шелкопряда, способного жить в нашей средней полосе. Эта работа имела и оборонное значение — до изобретения синтетических волокон дубовый шелкопряд давал лучшее сырье для производства парашютного шелка.

Слава пришла к Сергею Сергеевичу в последние годы жизни (к этому времени он оставил экспериментальную работу из-за резкого ухудшения зрения). Ученый был удостоен нескольких правительственных наград. За работы по развитию эволюционного учения Германской академией естествоиспытателей (ГДР) С. С. Четвериков награжден медалью «Планшета Дарвина» (1959 г.).

В одних случаях причинами таких колебаний могут быть факторы абиотические (см. *Среда обитания*), например пожары или наводнения, засухи или чересчур влажные годы. В других случаях изменение численности зависит от биотических экологических факторов, определяемых внутри- и межвидовыми взаимоотношениями. В период вспышки численности, когда особей становится в 10, а то и в 1000 раз больше, чем обычно, внутри популяции как будто распространяется сигнал: «Нас слишком много!» Этот сигнал заставляет животных сокращать интенсивность размножения. Иногда причинами уменьшения (или увеличения) численности оказывается влияние хищников или паразитов. Когда хищников очень много, они могут истребить значительную часть особей вида-жертвы, но после этого им самим не остается пищи и большая их часть погибает. Оставшиеся хищники уже не в состоянии сдерживать рост численности вида-жертвы, она многократно возрастает (см. рис.).

Какова минимальная численность популяции? Оказывается, что в популяции млекопитающих в среднем должно входить не менее 500 размножающихся особей. Иначе может произойти случайное вымирание всей популяции. Есть еще одна причина, из-за которой небольшая группа особей, размножающихся скрещиванием, не может существовать долго. Если близкородственные особи скрещиваются между собой на протяжении нескольких поколений, то у потомства проявляются наследственные болезни и другие недостатки, которые обычно скрыты в гетерозиготном состоянии (см. *Инбридинг*). Расчеты генетиков показывают: чтобы избежать отрицательных последствий инбридинга, численность скрещивающихся особей должна быть не меньше 250—300. Именно поэтому невозможно существование монстров, подобных лохнесскому чудовищу или африканским лесным ящерам, сообщения о которых встречаются в печати. При самых оптимистических подсчетах в озере Лох-Несс могло бы жить только несколько гигантских ящеров: для большего числа их не хватит корма. Но несколько особей не смогли бы существовать на протяжении многих поколений.

Все, что было сказано о популяции, относится лишь к высшим организмам, которым свойственно перекрестное *размножение*. Популяцией у микроорганизмов (которые размножаются бесполым путем, делением) можно считать группу клонов — прямых потомков одной особи, занимающих определенную *экологическую нишу*.

Популяция часто рассматривается в современной эволюционной теории как *элементарная* единица эволюции. Это означает, что эволюционные изменения: появление новых признаков, увеличение их частоты — первично происходят именно в популяции. Две популяции одного вида, более или менее изолированные друг от друга, например, горным хребтом, могут изменяться различным путем. В перспективе эволюция двух изолированных популяций может привести к появлению из одного старого вида двух новых.

Популяции изучают с разных точек зрения: генетической, экологической, физиологической и др. В последние годы все чаще говорят о популяционной биологии как комплексной науке, связанной исключительно с исследованием популяций.

ПРОКАРИОТЫ

Прокариоты (от латинского слова pro — вперед, вместо и греческого karyon — ядро) — это организмы, не имеющие оформленного клеточного *ядра*, покрытого оболочкой, и типичного хромосомного аппарата. У них имеется единственная многократно перекрученная кольцевая молекула ДНК в комплексе с немногими молекулами *белка*, которую иногда тоже называют *хромосомой*.

К прокариотам относятся две основные группы микроорганизмов — настоящие бактерии (эубактерии) и архебактерии, выделяемые теперь некоторыми систематиками в разные надцарства. Иногда к прокариотам относят и *вирусы*. Одна группа прокариот имеет зеленые и синие *пигменты* и способна к *фотосинтезу* с выделением кислорода. Это — цианобактерии. Прокариоты играют огромную роль во всей *биосфере* Земли и, несомненно, были предками *эукариот* — организмов с оформленным ядром. Полагают, что *митохондрии* — энергетические станции эукариотных клеток произошли от симбиотических прокариот — аэробных бактерий, а хлоропласты высших растений — из таких же симбиотических цианобактерий.

Р

РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Большинство современных ученых считают, что Земля сформировалась немногим ранее 4,5 млрд. лет назад. Жизнь на ней возникла относительно быстро. Самые ранние остатки вымерших микроорганизмов найдены в отложениях кремнезема, имеющих возраст 3,8 млрд. лет (см. *Жизнь и ее происхождение*).

Первыми обитателями Земли были *прокариоты* — организмы без оформленного *ядра*, похожие на современных *бактерий.* Они были *анаэробами,* т. е. не использовали для дыхания свободный кислород, которого еще не было в атмосфере. Источником пищи для них были органические соединения, возникшие еще на безжизненной Земле в результате действия ультрафиолетового солнечного излучения, грозовых разрядов и тепла вулканических извержений. Другим источником энергии для них были восстановленные неорганические вещества (сера, сероводород, железо и т. д.). Сравнительно рано возник и *фотосинтез.* Первыми фотосинтетиками были также бактерии, но они использовали в качестве источника ионов водорода (протонов) не воду, а сероводород или органические вещества. Жизнь тогда была представлена тонкой бактериальной пленкой на дне водоемов и во влажных местах суши. Эту эру развития жизни называют архейской, древнейшей (от греческого слова archaios — древний).

В конце архея произошло важное эволюционное событие. Около 3,2 млрд. лет назад одна из групп прокариот — цианобактерии выработала современный, оксигенный механизм фотосинтеза с расщеплением воды под действием света. Образующийся при этом водород соединялся с углекислым газом, и получались *углеводы,* а свободный кислород поступал в атмосферу. Атмосфера Земли постепенно становилась кислородной, окислительной. (Не исключено, что значительная часть кислорода могла выделяться из горных пород, когда формировалось металлическое ядро Земли.)

Все это имело важные последствия для жизни. Кислород в верхних слоях атмосферы под действием ультрафиолетовых лучей превратился в озон. Озоновый экран надежно защитил поверхность Земли от жестокого солнечного излучения. Стало возможным возникновение кислородного *дыхания*, энергетически более выгодного, чем *брожение, гликолиз,* а следовательно, и возникновение более крупных и более сложно устроенных эукариотических клеток. Возникли сначала одноклеточные, а затем и многоклеточные организмы. Кислород сыграл и отрицательную роль — все механизмы связывания атмосферного азота подавляются им. Поэтому азот атмосферы связывают до сих пор бактерии-анаэробы и цианобактерии. От них практически зависит жизнь всех остальных организмов на Земле, возникших позже, уже в кислородной атмосфере.

Цианобактерии наряду с бактериями были широко распространены на поверхности Земли в конце архея и последующей эре — протерозойской, эре первичной жизни (от греческих слов proteros — более ранний и zoe — жизнь). Известны образованные ими отложения — строматолиты («ковровые камни»). Как источник углекислоты эти древние фотосинтетики использовали растворимый бикарбонат кальция. При этом нерастворимый карбонат оседал на колонии известковой коркой. Строматолиты во многих местностях образуют целые горы, однако остатки микроорганизмов сохранились лишь в некоторых из них.

Неясно, когда появились *эукариоты*, имеющие клетки с оформленным ядром. Считают, что это произошло 1,5 млрд. лет назад, однако в последние годы в Канаде найдены остатки клеток с темными пятнышками внутри (очевидно, ядрами) в слоях давностью 2 млрд. лет. Есть и данные о находке в Гренландии остатков эукариотных клеток, возраст которых до 3,8 млрд. лет! Однако не все ученые полагают, что эти находки — остатки эукариот.

Палеозойская эра (с. 248). *А.* **Силурийское море населяли медузы (*1*), морские лилии (*2*), губки (*3*), кораллы (*4*), трилобиты (*5*), плеченогие (*6*), белемниты (*7*).** *Б.* **В девонском периоде воды заселили разнообразные рыбы; в каменноугольном периоде уже существовали все основные их группы.** *Внизу* **— амблиптер (*8*), динихтис (*9*), акулообразная кладоселяхия (*10*). В девоне растительность выходит на сушу. На циферблатах условных часов (*вверху*), отсчитывающих время существования Земли, сектор показывает продолжительность эры (1 ч равен 375 млн. лет).** *Слева направо* **— архейская эра (показана коричневым цветом), протерозойская (синим), палеозойская (зеленым). Прошедшее время показано черным цветом.**

Палеозойская эра (с. 249). *А.* **Каменноугольный период— эпоха расцвета гигантских папоротников, хвощей, плаунов и других растений; появились примитивные насекомые, среди которых была гигантская стрекоза — меганевра.** *Б* **Пермский ландшафт В конце палеозоя климат на большей части Земли становится суше, получают распространение пресмыкающиеся, в том числе растительноядные ящеры — пеликозавр (*1*) и мосхопс (*2*).**

Мезозойская эра (с. 250) — время расцвета пресмыкающихся. Среди них были гигантские формы: *1* **— птеранодон (размах крыльев до 8 м);** *2* **— бронтозавр (длина до 18 м);** *3* **— утконосый динозавр (длина до 10 м);** *4* **— стегозавр (длина до 3—4 м);** *5* **— морской ящер — ихтиозавр (длина до 12 м).**

А. **Кайнозойская эра (с. 251) — эпоха птиц и млекопитающих:** *1* **— гигантский гриф;** *2* **— гигантский безрогий носорог — индрикотерий;** *3* **— арсинойтерий;** *4* **— предок современной лошади мерикгиппус;** *5* **— хищная нелетающая птица— фороракос.** *Б.* **Похолодание в конце кайнозоя привело к гибели большинства третичных животных;** *6* **— представитель четвертичной фауны — мамонт. Четвертичный период — время становления человека. На условных часах кайнозойская эра длится меньше 12 мин, а ее четвертичный период (антропоген) — меньше 1 мин.**

Подпись к рисунку см. на с. 247.



Подпись к рисунку см. на с. 247.



Подпись к рисунку см. на с. 247.



Подпись к рисунку см. на с. 247.



Возникли эукариоты, вероятно, в результате *симбиоза* их предков с какими-то аэробными бактериями. Так, вероятно, произошли энергетические фабрики эукариотной клетки — *митохондрии*.

Несколько позже симбионтами каких-то первых эукариот стали цианобактерии — предки хлоропластов. Остатки первых несомненных эукариот — простейших и колониальных водорослей — найдены в отложениях протерозойской эры. Они похожи на вольвоксов.

Первые эукариоты — простейшие, одноклеточные водоросли и грибы широко распространились в протерозое. Тогда же появились первые многоклеточные. В конце протерозоя, 1000—600 млн. лет назад, уже существовала довольно богатая *фауна*, состоявшая из медуз и полипов, плоских червей, моллюсков и иглокожих. Некоторые отпечатки живших тогда организмов с побережья Белого моря или Южной Австралии нельзя отнести ни к одному из существующих ныне видов животных. Не все возникшие в то время типы и классы животных дожили до наших дней.

Все они не имели скелетных образований, а строение их было сходным со строением личинок ныне живущих беспозвоночных животных. Поэтому и редки палеонтологические находки: обычно в отложениях сохраняются кости, раковины, скелеты кораллов.

600—570 млн. лет назад начался новый этап развития жизни — кембрийский период, первый период новой эры — палеозойской, эры древней жизни (от греческих слов palaios — древний и zoe — жизнь). Суша и пресные воды в кембрии были практически безжизненными, но море кишело беспозвоночными — губками и ныне вымершими археоциатами, а также иглокожими и моллюсками, плеченогими, членистоногими, плоскими и многощетинковыми червями. В конце кембрия, длившегося около 70 млн. лет, очевидно, уже появились первые хордовые, похожие на современных ланцетников. Во всяком случае, в следующих за кембрием периодах — ордовике (60 млн. лет) и силуре (30 млн. лет) в морях и пресных водах появились странные бесчелюстные «рыбы» — без челюстей и парных плавников. До наших дней дожили лишь немногие их родственники — круглоротые — миноги и миксины. В это же время на суше появились первые растения — сначала примитивные псилофиты, а затем мхи и папоротникообразные.

В следующем, девонском периоде (от названия графства в Великобритании), длившемся около 60 млн. лет, разнообразные папоротникообразные вытеснили псилофитов, а рыбы, у которых передняя пара жаберных дуг превратилась в челюсти, — бесчелюстных. В девоне появились уже основные группы рыб — хрящевые, лучеперые и лопастеперые. Некоторые из последних в конце девона вышли на сушу, дав начало большой группе земноводных.

Первые земноводные — стегоцефалы иногда были несравненно крупнее наших современных тритонов и лягушек, имели сложно устроенные зубы и мощный панцирь, прикрывавший переднюю часть тела. Девон — это время десанта водных форм на сушу. Именно тогда широкое распространение получили паукообразные (скорпионы, пауки, клещи), многоножки и насекомые.

Разнообразная *флора* и фауна развилась на суше в следующем периоде — каменноугольном, или карбоне (55—75 млн. лет). Это был период гигантских хвощей (каламитов) и плаунов (лепидодендронов), древовидных папоротников и загадочных семенных папоротников. Угольные залежи Донбасса образовались за счет этих лесов. В карбоне были многочисленны стегоцефалы. В конце этого периода появились первые голосеменные растения — кордаиты и первые пресмыкающиеся, которые достигли расцвета в следующем периоде — пермском, длившемся около 45 млн. лет, вытесняя более древние формы. Названия периодам даются обычно по названиям мест, где их отложения были впервые описаны: пермский получил свое название от бывшей Пермской губернии в России.

В перми стегоцефалы немногочисленны, хотя еще встречались у водоемов, во влажных местах. Более сухие места занимали пресмыкающиеся — причудливые пеликозавры с гребнем-радиатором на спине, служившим для теплообмена, а также предки основных групп, процветавших в следующей, мезозойской эре, эре средней жизни (от греческих слов mesos — средний и zoe — жизнь).

В мезозойской эре, длившейся около 175 млн. лет (45 млн. лет — триасовый, 60 — юрский и 70 — меловой периоды), *эволюция* внезапно делает зигзаг. Уже в перми, в конце палеозоя, существовали звероподобные ящеры — предки млекопитающих, и казалось бы, стегоцефалам должны наследовать высокоорганизованные млекопитающие. Да и предки птиц возникли, по-видимому, уже в триасе. А на самом деле мезозой — эра господства разнообразных пресмыкающихся. Первые млекопитающие, близкие к насекомоядным, и первые зубатые птицы в мезозое были на вторых ролях — море, сушу, пресные воды и воздух занимали всевозможные ящеры — динозавры, обитатели морей — ихтиозавры, летающие ящеры. Среди динозавров были и мелкие, величиной с курицу или кошку, и гигантские, до 30—35 м длины и 50 т веса; двуногие и четвероногие; хищники и растительноядные. В конце мезозоя большинство их вымерло. На Земле осталась лишь ничтожная часть пресмыкающихся той эпохи: ящерицы

и змеи, новозеландская гаттерия, крокодилы и черепахи.

О причинах великого вымирания динозавров в конце мелового периода ученые спорят до сих пор. Скорее всего, оно было связано с переменами климата и не было катастрофично быстрым. Самые поздние из известных нам динозавров найдены на юге Франции. Их остаткам 62—63 млн. лет, значит, они жили уже в кайнозойской эре, эре новой жизни (от греческих слов kainos — новый и zoe — жизнь). В этой эре, в которой живем и мы, изменилась и растительность. В мезозое господствовали голосеменные. Но уже в мелу появились покрытосеменные — цветковые растения, быстро завоевавшие Землю. Вместе с ними бурно развивались млекопитающие и птицы.

Кайнозой начинается с третичного периода. Ранний третичный, или палеогеновый, период включает эпохи: палеоцен, эоцен и олигоцен, которые длились 40 млн. лет. В это время возникли все ныне живущие отряды млекопитающих и птиц. Наибольшего расцвета новая жизнь достигла в начале неогенового периода, в миоценовую эпоху, наступившую 25 млн. лет назад. Тогда же появились первые человекообразные обезьяны. Сильное похолодание в конце следующей эпохи, плиоцена, привело к вымиранию теплолюбивой флоры и фауны на больших пространствах Евразии и Северной Америки. Около 2 млн. лет назад наступает последний период истории Земли — четвертичный. Это период становления человека, поэтому его чаще называют антропогеном.

РАЗДРАЖИМОСТЬ

Раздражимостью называется способность организмов отвечать на воздействия окружающей среды той или иной активной реакцией. Раздражимость — общее свойство всех живых организмов.

В ходе *эволюции* раздражимость видоизменялась. Происходило разделение внутриклеточных структур на воспринимающие воздействия раздражителя и отвечающие на них, наметилось разграничение процессов раздражения как местной реакции и возбуждения как распространяющейся реакции в ответ на действие раздражителя. У многоклеточных животных развились специализированные *ткани*: нервная и мышечная, которые приспособились к осуществлению срочных реакций на раздражение. Способность нервной и мышечной ткани быстро реагировать на раздражение возбуждением называют возбудимостью.

У животных нервная и мышечная ткани обеспечивают двигательные и другие приспособительные реакции, и поэтому у них особого развития достигают системы приема и анализа информации (*органы чувств*) и исполнительных органов (мускулатура и железы).

Раздражимость у растений существенно отличается от раздражимости у животных. Растения отвечают на раздражение в основном изменением скорости или направления *роста*, вращательным движением цитоплазмы в *клетке* и уровнем обменных процессов. Но существуют и такие растения, которые обладают относительно быстрыми двигательными реакциями на раздражения. Так, тропическое растение мимоза стыдливая при прикосновении, ударе, а также с наступлением темноты попарно складывает листочки, а затем весь лист опускается.

РАЗМНОЖЕНИЕ

Размножение, или самовоспроизведение, — способность организмов воспроизводить себе подобных, одно из основных свойств живых существ. Различают половое и бесполое размножение (см. рис.).

Размножение у животных. При бесполом размножении одна родительская особь может делиться или почковаться, образуя две или больше дочерних особей, генетически одинаковых с материнской. Этот тип размножения встречается в основном у беспозвоночных животных, иногда бесполое размножение чередуется с половым (см. *Чередование поколений*).

Одноклеточные животные (амебы, парамеции) размножаются путем деления — *митоза*. Микроорганизмы образуют *споры*, из которых затем развивается новый организм.

Наиболее распространенный способ вегетативного размножения — почкование. Так размножаются, например, гидры. Организм, образовавшийся из почки, может отделиться и начать развиваться самостоятельно (гидры) или остаться прикрепленным к родительской особи (например, колониальные коралловые полипы). При другом способе вегетативного размножения — фрагментации родительская особь распадается на несколько частей, а затем каждая из них восстанавливает недостающие части и превращается в целый организм. Так размножаются некоторые плоские черви.

У некоторых видов животных потомки могут развиваться из неоплодотворенных яйцеклеток. Этот вид бесполого размножения называется *партеногенезом*.

Преимущества бесполого размножения в его простоте и эффективности — не нужно находить партнера, потомство может оставить любая особь в любом месте, удачные сочетания

генов, однажды появившись в результате *мутаций,* не теряются. При переходе к половому размножению эти преимущества утрачиваются. Однако в результате комбинации признаков отца и матери обеспечивается генетическое разнообразие потомства. Возникает новый неисчерпаемый источник генетической *изменчивости.* Появление оплодотворения — важное событие в *эволюции* размножения. Оно придает эволюционную пластичность *популяции,* что особенно необходимо в изменчивой среде.

Большинство высших форм животных размножаются в основном половым способом. В зависимости от отсутствия или наличия дифференциации (разделения) полов различные формы полового размножения можно отнести к двум типам — гермафродитному (обоеполому) и раздельнополому (см. рис.).

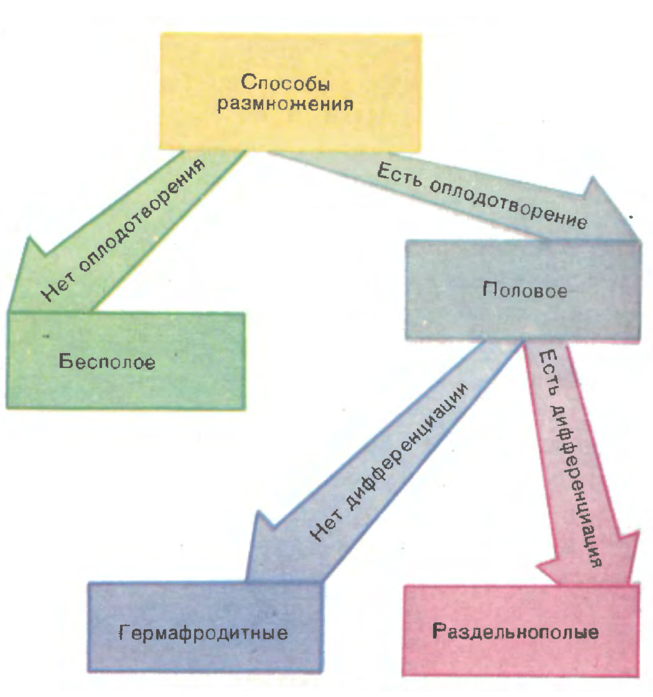
В половом размножении всегда участвуют гаметы противоположного пола — мужская и женская, которые у некоторых низших животных производятся одной особью — это гермафродитный тип размножения. У большинства животных каждая особь производит только один тип гамет — это раздельнополый тип размножения (см. *Пол).* При оплодотворении гаплоидные гаметы разных особей сливаются и образуется диплоидная зигота, которая, делясь, дает начало новому организму. Лишь у некоторых видов в размножении могут участвовать гаметы одной особи (самооплодотворение).

Наиболее просто происходит *оплодотворение* у многих водных организмов. Особи противоположного пола выделяют гаметы в воду, где те находят друг друга и сливаются. Это наружное оплодотворение. Так размножаются многие кольчатые черви, пластинчатожаберные моллюски, иглокожие, многие рыбы, амфибии. Для повышения вероятности оплодотворения эти организмы производят гаметы в очень больших количествах. Например, луна-рыба мечет до 300 млн. икринок!

Более прогрессивно в эволюционном плане внутреннее оплодотворение, при котором процесс слияния гамет происходит в теле материнской особи. У животных для этих целей служат специальные копулятивные органы. Вероятность встречи гамет при внутреннем оплодотворении увеличивается, поэтому такие организмы вырабатывают значительно меньше яйцеклеток. Количество сперматозоидов остается достаточно большим. Внутреннее оплодотворение характерно для многих групп водных беспозвоночных, живородящих рыб, некоторых земноводных и для всех пресмыкающихся, птиц и млекопитающих.

У сухопутных форм зародыш может развиваться в теле самки, как у большинства млекопитающих. Такие животные называются живородящими (см. *Живорождение).* Иногда развитие протекает во внешней среде — в яйцах, покрытых скорлупой (насекомые, пресмыкающиеся, птицы, некоторые млекопитающие). Это яйцекладущие животные. Внутреннее оплодотворение и появление *заботы о потомстве* резко снижают смертность потомства у высших животных и повышают надежность размножения.

Классификация способов размножения.



Если особь имеет и мужские и женские половые органы, то она способна скрещиваться с любой другой особью либо имеет способность к самооплодотворению. Это гермафродитное размножение. Многие низшие животные — гермафродиты. У видов, которым свойствен гермафродитизм, дифференциация (разделение) полов на уровне целого организма отсутствует (см. рис.). У них в размножении иногда может участвовать одна особь (например, у ленточных червей). Однако у большинства гермафродитных форм самооплодотворения не происходит.

Но в основном эволюция размножения шла в направлении раздельнополости. При раздельнополом способе размножения наряду со скрещиванием имеет место и разделение на два *пола,* причем скрещиваться между собой могут только особи противоположного пола. Большинство эволюционно прогрессивных форм (млекопитающие, птицы, насекомые, двудомные растения и др.) раздельнополы.

Некоторым животным, например кишечнополостным, свойственно чередование бесполого и полового поколений (см. рис. на с. 326), но большинство животных размножаются только половым способом и имеют специальные половые органы (см. *Половая система).*

Эволюция размножения шла, как правило, в направлении от бесполых форм к половым, от изогамии к анизогамии (см. *Гаметы*), от участия всех клеток в размножении к разделению клеток на соматические и половые, от наруж-

ного оплодотворения к внутреннему с внутриутробным развитием (см. *Половая система*) и заботой о потомстве. Темп размножения, численность потомства, частота смены поколений наряду с другими факторами определяют скорость приспособления вида к условиям среды. Например, высокие темпы размножения и частая смена поколений позволяют насекомым в короткий срок вырабатывать устойчивость к ядохимикатам. В эволюции позвоночных — от рыб до теплокровных — наблюдается тенденция к уменьшению численности потомства и увеличению его выживаемости.

Размножение у растений. Как и у животных, у растений имеются обе формы размножения: бесполое и половое. Несмотря на многообразие способов бесполого размножения, среди них можно выделить вегетативное и собственно бесполое.

Вегетативное размножение растений непосредственно связано со способностью их к *регенерации*. Вегетативно размножаются одноклеточные и многоклеточные, как гаплоидные, так и диплоидные растения. Многие одноклеточные водоросли вегетативно размножаются митотическим делением клетки на две. У одноклеточных водорослей с плотными клеточными оболочками (например, хламидомонад) новые особи образуются внутри делящейся клетки и выходят наружу после разрушения ее оболочки. Подобным образом внутри клеток нитчатых зеленых водорослей (например, улотрикса) формируются и выходят в воду специальные клетки, предназначенные для вегетативного размножения. По происхождению это митоспоры (см. *Споры*). Они прикрепляются к подводному субстрату, теряют жгутики и прорастают в новые нити водоросли. Другие нитчатые водоросли (например, свободно плавающая в толще воды спирогира) спор не образуют, а размножаются вегетативно при разрыве нитей на части, способные делиться и расти.

Многие многоклеточные низшие растения и талломные (слоевищные) высшие (некоторые печеночные мхи) размножаются вегетативно — делением таллома на участки. Есть у них и иные способы вегетативного размножения (например, выводковыми тельцами).

Многие папоротникообразные и покрытосеменные растения размножаются корневищами (см. *Органы растений*), старые участки которых отмирают, а молодые ответвления обособляются. У некоторых высших растений могут опадать с материнской особи и самостоятельно укореняться пазушные или придаточные (развивающиеся на листьях) почки. Есть покрытосеменные растения, которые размножаются луковицами (например, многие лилейные).

На способности растений к регенерации основано искусственное вегетативное их размножение делением корневищ, луковицами, отводками, черенками, используемое в садоводстве. При вегетативном размножении развивающиеся самостоятельно (или привитые) отделившиеся или отделенные части растений сохраняют признаки материнской особи. Поэтому вегетативное размножение многих возделываемых растений имеет большое народнохозяйственное значение.

Собственно бесполое (мейоспорами) и половое размножение растений следует рассматривать вместе. При половом размножении теоретически возможное максимальное число потомков может быть равным лишь числу зигот, т. е. половине числа гамет (у изогамных гомоталличных организмов), или числу тех гамет, которых меньше (у изогамных гетероталличных, а также гетеро- и оогамных организмов; в двух последних случаях это женские гаметы). А максимальное число потомков при бесполом размножении определяется общим числом жизнеспособных мейоспор (см. также *Пол, Оплодотворение*).

Водоросли (например, диатомовые, некоторые бурые), в циклах развития которых гаплоидны лишь гаметы, размножаются только половым путем. Водоросли, у которых диплоидны лишь зиготы (например, улотрикс), размножаются как половым, так и бесполым путем. У немногих водорослей спорофит и гаметофит (бесполое и половое поколения, сменяющие друг друга) представлены одинаково; здесь последовательно чередуются оба способа размножения — бесполое и половое (см. *Чередование поколений*).

У большинства растений, в циклах развития которых выражено *чередование поколений*, обычно одно из них преобладает над другим. Например, у мхов преобладает гаметофит, а спорофит (спорогоний) развивается из зиготы на спорофите. Но главную роль в размножении играют мейоспоры, которых в коробочке спорогония образуется гораздо больше, чем яйцеклеток (см. *Гаметы*) в женских гаметангиях одной особи.

У папоротников спорофит преобладает над гаметофитом (за́ростком). На обоеполом заростке равноспорового папоротника образуется несколько женских гаметангиев с одной яйцеклеткой в каждом. Поскольку заросток — очень маленькое растение (2—3 мм в поперечнике), на нем обычно развивается лишь один спорофит, т. е. полового размножения практически не бывает. Среди разноспоровых папоротников есть такие, у которых на женском заростке развивается лишь один гаметангий с единственной яйцеклеткой. Здесь полового размножения быть не может, так как на одном гаметофите развивается тоже лишь один спорофит. Оплодотворение, которое происходит на заростке и не приводит к увеличению числа особей, называется в ботанике половым воспро-

изведением. Таким образом, для папоротников характерно бесполое размножение.

Отсутствие полового размножения (при сохранении полового воспроизведения) еще более четко выражено у семенных растений, гаметофиты которых развиваются на спорофитах. Это привело к возникновению самого совершенного у растений способа размножения — семенами. При семенном размножении максимальное число потомков определяется числом жизнеспособных мегаспор, а в конечном итоге — числом семязачатков, так как нуцеллус в семязачатке один, а в нем одна мегаспора.

Смена ядерных фаз в циклах развития организмов имеет огромное биологическое значение, поскольку и при *мейозе,* и при оплодотворении происходит перекомбинация *аллелей.* Для обеспечения оплодотворения гетеро- и оогамные организмы в общем всегда образуют значительно больше мужских гамет, чем женских. У разноспоровых растений (особенно у семенных) каждый из сильно редуцированных мужских заростков образует ограниченное число мужских гамет. Но общее число этих гамет огромно, поскольку каждый из спорофитов, развивающий микроспорангии, образует множество микроспор, дающих начало мужским заросткам.

Однако у некоторых растений обнаруживается так называемый апомиксис — нарушение чередования ядерных фаз, проявляющееся в выпадении из циклов развития либо оплодотворения и мейоза, либо только оплодотворения.

У *бактерий* также может происходить процесс, напоминающий половое размножение. При этом две разные клетки обмениваются генетическим материалом.



Расы (*сверху вниз*): европеоид, монголоид, негроид, австралоид.

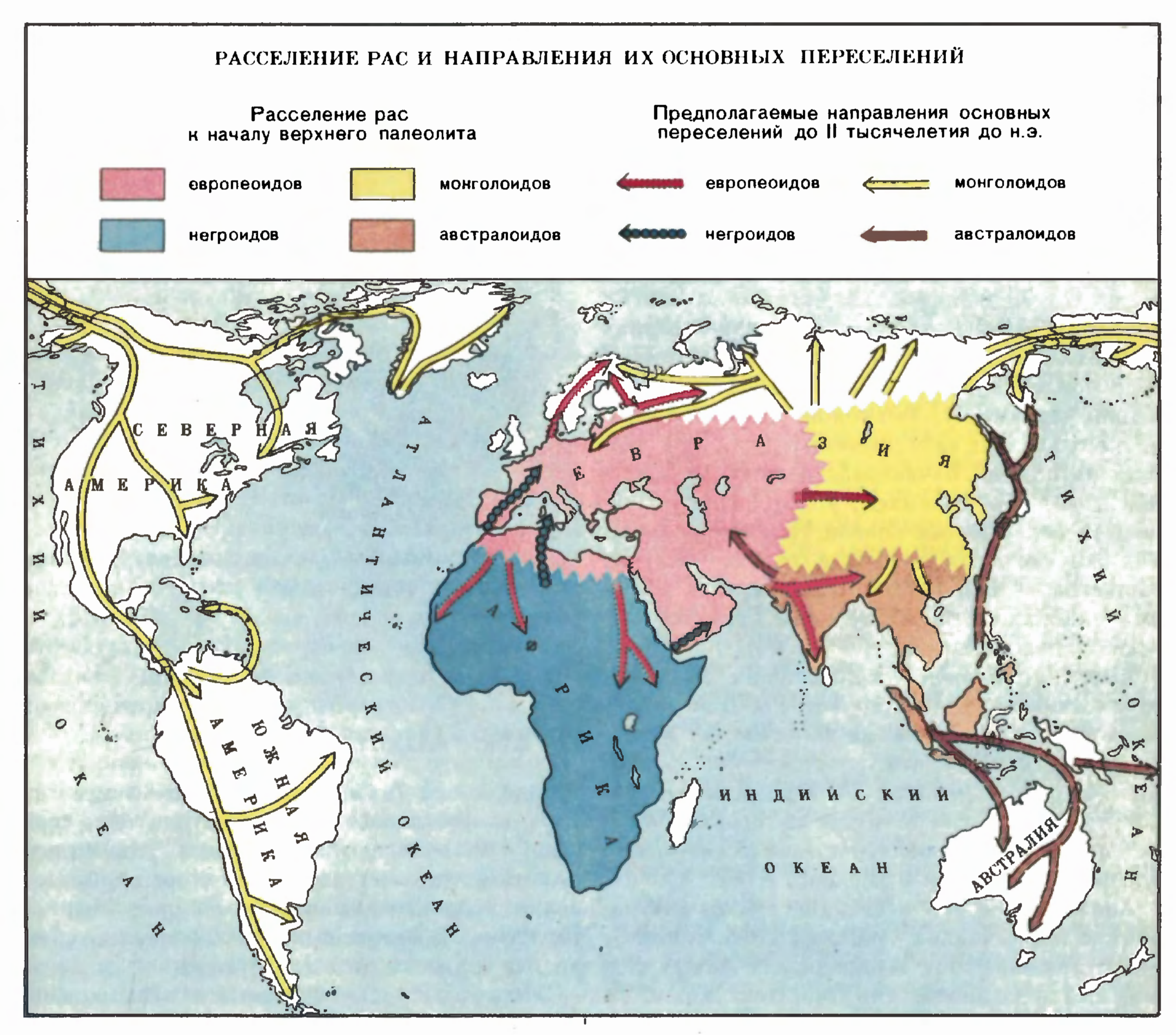
РАСЫ

Виды животных и растений, населяющих Землю, различаются по степени своей *изменчивости:* одни из них стабильны, единообразны (мономорфны), другие, наоборот, многообразны (полиморфны). Всем хорошо известно многообразие, полиморфизм представителей вида Homo sapiens — человек разумный. Изменчивы у людей черты лица, сложение тела, цвет кожи, цвет и структура волос, многие биохимические показатели. Группировки людей, сходные по таким признакам, называют расами.

Сколько рас человека обитает на Земле? Трудно сказать, разные исследователи называют разное число. Система рас, как говорят, иерархична: «большие» расы, стволы, делятся на ветви, ветви — на местные, локальные расы, а те, в свою очередь, на группы популяций. То, что одни антропологи считают ветвью, другие выделяют в ствол, и наоборот. Большинство признают три ствола — негроидов, монголоидов и европеоидов. К ним некоторые ученые еще добавляют два — американских индейцев (америндов) и австралоидов.

По мнению большинства ученых, основные признаки рас, в то время когда они создавались, были адаптивны, приспособительны (см. *Адаптация*). Выделившись из мира животных, человек долго еще находился (а кое-где еще и находится) под непосредственным влиянием природных условий внешней среды. Тогда, в каменном веке, сложились основные черты главных рас, показывающие, в каком климате эти группировки сформировались.

Приспособительны, например, признаки негроидов: темная кожа задерживает ультрафиолетовое излучение, способное вызывать рак кожи, широкий нос и толстые, вздутые губы с большой поверхностью слизистых оболочек способствуют испарению с высокой теплоотдачей, курчавые волосы образуют есте-



ственный «тропический шлем», у негроидов часто встречается аномальный гемоглобин, спасающий их от тропической малярии.

Приспособительны и признаки монголоидов — плоское и плосконосое лицо, складка в углу глаза (эпикантус), создающая впечатление раскосости. Это приспособления к суровому континентальному климату с частыми пылевыми бурями. И хотя монголоиды сейчас распространены от тропиков до Арктики, наиболее резко выраженные их типы присущи Забайкалью, Монголии, Северному Китаю.

У европейцев светлая кожа, проницаемая для ультрафиолетовых лучей, спасающая их в детстве от рахита, узкий выступающий нос, который согревает вдыхаемый воздух. Во влажном и холодном климате Европы стали приспособительными рецессивные признаки (см. *Доминантность)* — светлая кожа, прямые волосы, голубые и серые глаза.

Иногда приспособительность признаков ясно видна. У человека, например, три формы, три *аллеля* одного *фермента* — кислой фосфатазы эритроцитов. Аллель, обозначаемый p^a, чаще встречается у жителей Крайнего Севера (саамов, алеутов, эскимосов), аллель p^b — у обитателей экваториального пояса. Подсчитано, что с возрастанием географической широты на 20° частота встречаемости аллеля p^a возрастает на 10%. Исключение составляют недавние обитатели Севера — якуты и эвенки. У них «холодоустойчивый» аллель еще не успел распространиться в популяциях.

Но многое еще неясно. До сих пор не выяснено до конца, какими путями идет отбор на расообразование через пищевой режим, геохимические особенности внешней среды, действие распространенных в местах формирования расы болезней и паразитов, высоту над уровнем моря и многое другое. Не случайно люди с малым ростом (племена пигмеев и негритосов) возникают независимо друг от друга в условиях влажного тропического леса в Африке, на Андаманских и Филиппинских островах и на полуострове Малакка.

По меньшей мере, дважды возникал комплекс признаков, характеризующий негроидов, — в Африке и Меланезии. Курчавые меланезийцы сформировались из австралоидов — темнокожих, но волнистоволосых. Негроидами выглядели и тасманийцы, ныне полностью истребленные белыми колонизаторами. Негроидные признаки (темная кожа, уплощенный нос, волнистые, а не прямые волосы)

имеют и некоторые племена южноамериканских индейцев в Бразилии и Боливии.

Монголоидные черты (эпикантус) имеют негроиды — бушмены и готтентоты, обитающие на юге Африки, в суровых условиях пустыни. Да и европеоидный облик возникал не только в Европе. В Перу в могилах III в. до н. э. обнаружены хорошо сохранившиеся мумии рыжих волнистоволосых людей, резко отличающихся от индейцев с их черными прямыми волосами. Норвежский ученый, путешественник и писатель Тур Хейердал считает их потомками европеоидов, переплывших на папирусных ладьях Атлантику. Возможно, дело обстояло иначе: у высших каст древних перуанцев существовал обычай близкородственных браков, а при этом, как мы знаем, в потомстве проявляются рецессивные аллели (см. *Инбридинг*). Так же светлеют волосы и глаза у жгучих брюнетов — индоафганцев, обитающих в горных районах, в малых деревнях, где все жители — родственники.

Америнды близки к монголоидам, но у них редок эпикантус и часто встречаются «орлиные» носы. Краснокожими их называют необоснованно, кожа у них просто смуглая. Возможно, они произошли от первых монголоидов, ушедших в Америку еще до того, как окончательно сформировались классические монголоиды Центральной и Средней Азии.

Австралоиды — обитатели не только Австралии, но и юга Индии, Андаман и Филиппин — представляют собой нечто среднее между негроидами и европеоидами, они темнокожи, но не курчавоволосы, многие имеют пышные бороды. В каменном веке похожие на них люди обитали на том месте, где сейчас стоит город Воронеж. Возможно, они сохранили больше черт общих предков этих рас, поэтому их нередко объединяют в единый евро-африканский ствол.

Так как многие черты строения явно приспособительного характера возникают независимо в разных стволах, относительная близость разных расовых группировок до сих пор является среди ученых предметом горячих споров. По-видимому, этот вопрос может быть разрешен лишь после развития современных методов исследования (сравнение последовательностей в ДНК и в *белках* и др.).

Антропологам предстоит еще немало работы. Человек — самое непоседливое существо на Земле, еще в эпоху палеолита люди кочевали на многие тысячи километров, смешиваясь друг с другом. Это и породило с трудом поддающееся учету многообразие вариантов вида человек разумный.

Несмотря на крайнее многообразие, все люди на Земле относятся к одному виду. При этом важно, что все расы равны по умственным способностям и при любых межрасовых браках рождаются полноценные и здоровые дети. Утверждения о существовании высших и низших рас, способных и неспособных народов и другие человеконенавистнические, расистские теории не имеют под собой никакого научного основания.

Очевидно, разделение на расы — временное явление в истории человечества. Факторы, вызвавшие их становление, постепенно теряют свое значение. Все больше людей на Земле живут и работают при одинаковой, «комнатной» температуре, едят одинаковую пищу, изолируются от окружающей среды. Уменьшилось значение болезней и паразитов как факторов отбора. А главное, между расами сейчас почти нет географической изоляции и процесс смешения рас необычайно усилился. Когда, по словам Пушкина, «народы, распри позабыв, в великую семью соединятся», все человечество через несколько сотен поколений сольется в единую, всепланетную расу.

РЕГЕНЕРАЦИЯ

Регенерацией (от латинского слова regeneratio — возрождение) принято называть, во-первых, восстановление организмом утраченных или поврежденных частей, во-вторых, образование (развитие) целой самостоятельно существующей особи из какой-либо части организма, отделившейся или отделенной от него.

В мире р а с т е н и й первый из этих вариантов регенерации можно наблюдать, например, у некоторых водорослей. Так, *клетки* зеленых десмидиевых водорослей состоят из зеркально-симметричных половин, обычно разделенных более или менее глубокой перетяжкой, в центральной части которой находится перемычка, соединяющая эти половины. При делении клеток половины расходятся, становясь самостоятельными клетками, и каждая постепенно «достраивает» недостающую половину. У многоклеточной бурой водоросли ламинарии («морской капусты») ежегодно отмирает часть слоевища (таллома) — так называемая пластинка, а на ее месте в результате деятельности находящейся на вершине стволика образовательной *ткани* (меристемы) постепенно развивается новая пластинка, на вершине которой некоторое время бывают видны остатки старой.

Второй вариант регенерации свойствен многим многоклеточным низшим и высшим растениям. Благодаря ей эти растения способны размножаться вегетативно. В простейших случаях это может быть разделение слоевища, вызванное механическими причинами или отмиранием старых его участков, на части, каждая из которых продолжает расти и развиваться как самостоятельный организм (например,

У этой ящерицы после потери хвоста в связи с повреждением позвонка образовалось два хвоста.



при фрагментации нитей некоторых нитчатых водорослей, талломов многих печеночных мхов и др.). Пример более специализированного вегетативного размножения — образование многими мохообразными выводковых телец, способных дать начало новым особям.

У большинства высших растений вегетативное размножение обусловлено наличием почек на отделившихся или отделенных их частях (при размножении луковицами, корневищами, отводками, стеблевыми или корневыми черенками) или возможностью возникновения таких почек (при размножении листовыми черенками), а также придаточных корней. Иными словами, в этих случаях на отделившихся частях растений обязательно должна либо изначально присутствовать, либо заново развиться меристема. Развитие такой ткани осуществляется потому, что живые клетки (особенно слабо специализированные) сохраняют возможность делиться и передавать возникающим при этом клеткам всю заключенную в них наследственную информацию, необходимую для развития целого растения. При использовании особых методов культивирования удавалось даже из одной клетки вырастить целое растение, способное цвести и плодоносить (см. *Культура клеток и тканей*).

Регенерация свойственна и ж и в о т н ы м.

К регенерации способны многие одноклеточные. Инфузорию трубача можно разрезать на десятки кусков. Тот из них, в котором сохранилась хотя бы часть ядра (ядра у трубача высокополиплоидны) и часть клеточной мембраны, способен регенерировать в целую инфузорию.

У многих беспозвоночных животных не только отрастают утраченные ими части тела, но и из части тела может восстановиться целая особь. Например, у морских звезд на месте оторванного луча возникает новый, а из самого оторванного луча может вырасти целая звезда. Способность к регенерации различна даже у близкородственных групп: кольчатые черви (высокоорганизованная группа червей) способны восстанавливаться из части тела, а круглые черви (сравнительно низкоорганизованные животные) крайне слабо способны к регенерации.

Среди позвоночных животных нет таких, у которых из кусочка тела мог бы вырасти целый организм. В лучшем случае у них отрастают лишь отдельные органы или части тела: у ящериц — хвосты, у рыб — плавники, у птиц — клювы. А вот лапки и даже только пальцы не восстанавливаются ни у взрослых лягушек и жаб, ни у птиц и ящериц, ни у млекопитающих. Только у молодых головастиков, у взрослых тритонов и саламандр лапки и хвосты отрастают. Оказалось, что в этих случаях вокруг образовавшейся раны ткани сильно разрушаются. Их клетки как бы омолаживаются, становятся похожими на зародышевые, которые могут приобретать разные «специальности»: становиться клетками кожи, мышц, кости. Если же лапки не отрастают, то на месте раны возникает рубец. Однако если у таких животных искусственно разрушать ткани вокруг отрезанной лапки (действием кислот, солей, ультрафиолетовыми лучами, укалыванием), происходит ее восстановление и у головастиков «старшего возраста», и у лягушек. Даже у ящериц и крысят на месте удаленной конечности могут появляться выросты с отростками, отдаленно похожими на пальцы.

Органы человека часто подвергаются травмам, разрушаются при некоторых заболеваниях. Иногда приходится удалять часть поврежденного органа. Долгое время ошибочно считали, что у человека, как и у всех млекопитающих, регенерация оперированных внутренних органов ограничивается возникновением рубца, шрама. Но в таком случае оставшаяся часть органа не справилась бы со всеми функциями. Только при определенном количестве клеток орган может выполнять свою работу. Причем для правильного его функционирования важна не форма органа, а лишь его величина, масса. При удалении части печени происходит быстрое компенсаторное увеличение оставшейся части органа. При удалении одной из почек или одного из легких вторая почка или второе легкое увеличивается в размерах. Этот процесс тоже называют регенерацией. Рост печени или почки происходит в результате увеличения как размеров клеток, так и их числа.

РЕЛИКТЫ

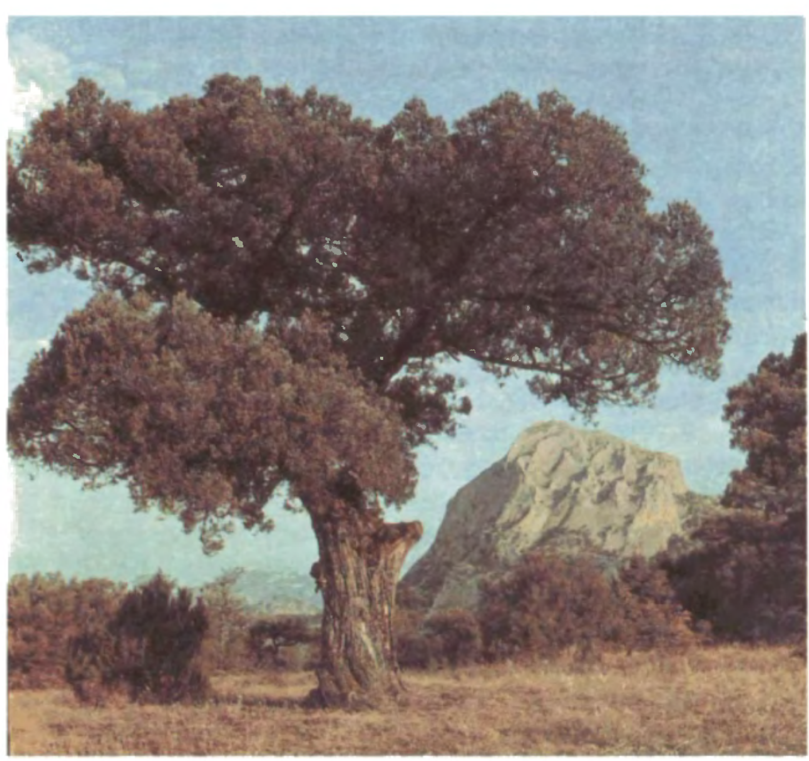
Реликты (от латинского слова relictum — остаток), или «живые ископаемые», — виды растений и животных, сохранившиеся внешне неизменными на протяжении сотен миллионов

Реликтовые организмы: *1* — **гаттерия;** *2* — **латимерия;** *3* — **опоссум;** *4* — **побег гинкго;** *5* — **плеченогое животное лингула.**

Реликтовый жук дровосек — представитель дальневосточной фауны. Занесен в Красную книгу СССР.



Реликтовый можжевельник.



Реликтовая чайка. Гнездится в СССР только на двух озерах — в Юго-Восточном Забайкалье и Восточном Казахстане. Занесена в Красную книгу СССР.



лет. Это происходит в том случае, когда сравнительно мало изменяется среда их обитания. Реликты ныне чаще всего встречаются в Мировом океане и в тропиках.

Например, морское плеченогое животное лингула, живущее в неглубоких норках на приливно-отливной полосе или на небольшой глубине в Индийском и Тихом океанах, сохранилось почти неизменным (судя по ископаемым остаткам) более 300 млн. лет! Один из видов мечехвостов, обитающий в прибрежных тропических водах, в почти неизменной форме существует около 200 млн. лет. Кистеперой рыбе латимерии, которая живет на глубинах в несколько сотен метров у берегов Юго-Восточной Африки, около 300 млн. лет.

Из наземных животных к реликтам относятся, например, пресмыкающееся мезозойского времени гаттерия, обитающая в Новой Зеландии, грызун селевиния, который встречается только в пустыне Бетпак-Дала (Казахстан).

Среди растений пример реликта — дерево гинкго из голосеменных, высотой в несколько десятков метров. Оно сохранилось в Юго-Восточной Азии и практически неотличимо от деревьев, встречающихся в ископаемом виде в пластах, которым более 150 млн. лет. От эпохи мезозоя дошло до нас мамонтово дерево, растущее в горах Сьерра-Невада (Северная Америка). К реликтам относятся такие ценные растения, как женьшень, тау-сагыз.

Реликты могут сохраняться и при новых условиях существования, более или менее заметно изменяясь, приспосабливаясь к этим условиям (см. *Адаптация*). Реликтовые формы широко распространены, но в наше время встречаются лишь в отдельных небольших районах. Иногда это остатки целых *флор* и *фаун* прежних геологических времен.

РЕФЛЕКСЫ

Рефлексами (от латинского слова reflexus — отраженный) называют ответные реакции организма на раздражение *рецепторов*. В рецепторах возникают нервные импульсы, которые по чувствующим (центростремительным) нейронам поступают в центральную *нервную систему*. Там полученная информация обрабатывается вставочными нейронами, после чего возбуждаются двигательные (центробежные) нейроны и нервные импульсы приводят в действие исполнительные органы — мышцы или железы. Вставочными называют нейроны, тела́ и отростки которых не выходят за пределы центральной нервной системы. Путь, по которому проходят нервные импульсы от рецептора до исполнительного органа, называется рефлекторной дугой.

Рефлекторные действия — это целостные действия, направленные на удовлетворение определенной потребности: в пище, воде, безопасности и др. Они способствуют выживанию особи или вида в целом. Их классифицируют на пищевые, вододобывающие, оборонительные, половые, ориентировочные, гнездостроительные и др. Есть рефлексы, устанавливающие определенный порядок (иерархию) в стаде или стае, и территориальные, определяющие территорию, захваченную той или иной особью или стаей.

Различают рефлексы положительные, когда раздражитель вызывает определенную деятельность, и отрицательные, тормозные, при которых деятельность прекращается. К последним, например, относится пассивно-оборонительный рефлекс у животных, когда они замирают при появлении хищника, незнакомом звуке.

Рефлексы играют исключительную роль в поддержании постоянства внутренней среды организма, его *гомеостаза*. Так, например, при повышении артериального давления происходит рефлекторное замедление сердечной деятельности и расширение просвета артерий, поэтому давление снижается. При его сильном падении возникают противоположные рефлексы, усиливающие и учащающие сокращения сердца и суживающие просвет артерий, в результате давление повышается. Оно непрерывно колеблется вокруг некоторой постоянной величины, которая называется физиологической константой. Эта величина обусловлена генетически.

Известный советский физиолог П. К. Анохин показал, что действия животных и человека определяются их потребностями. Например, недостаток воды в организме сначала восполняется за счет внутренних резервов. Возникают рефлексы, задерживающие потерю воды в почках, усиливается всасывание воды



Врожденная связь между отталкиванием птицы от опоры и движением крыльев уточняется у птенца в процессе тренировки путем выработки соответствующих условных рефлексов. *На снимке:* **птенец дроздовидной камышовки.**



Рефлекс отпугивания врага у козодоя.

из кишечника и т. д. Если это не приводит к нужному результату, в центрах головного мозга, регулирующих поступление воды, возникает возбуждение и появляется ощущение жажды. Это возбуждение вызывает целенаправленное поведение, поиск воды. Благодаря прямым связям, нервным импульсам, идущим от мозга к исполнительным органам, обеспечиваются необходимые действия (животное находит и пьет воду), а благодаря обратным связям, нервным импульсам, идущим в обратном направлении — от периферических органов: ротовой полости и желудка — к мозгу, информирует последний о результатах действия. Так, во время питья возбуждается центр водного насыщения, и, когда жажда удовлетворена, соответствующий центр затормаживается. Так осуществляется контролирующая функция центральной нервной системы.

Большим достижением физиологии стало открытие *И. П. Павловым* условных рефлексов. Безусловные рефлексы одинаковы у всех животных одного и того же вида. Условные рефлексы индивидуальны. Они образуются в результате неоднократного сочетания ранее безразличных раздражителей с безусловными раздражителями и становятся их сигналами. Так, звонок, который звучал перед кормлением (условный пищевой раздражитель), становится сигналом пищи и предупреждает о времени ее появления. С помощью условных рефлексов животные и люди более тонко ориентируются в окружающей среде, могут заранее подготовиться к будущему важному событию.

Различают натуральные условные раздражители, которые служат одним из признаков безусловных раздражителей (запах пищи, писк цыпленка для курицы, вызывающий у нее родительский условный рефлекс, писк мыши для кошки и др.), и искусственные условные раздражители, совершенно не связанные с безусловнорефлекторными раздражителями (например, лампочка, на свет которой выработали у собаки слюноотделительный рефлекс, звон гонга, на который собираются лоси на кормежку, и др.). Однако любой условный рефлекс имеет сигнальное значение, и если условный раздражитель его теряет, то и условный рефлекс постепенно угасает.

Советский ученый Л. Г. Воронин сформулировал представление об основных этапах эволюционного развития приобретенных форм

В случае опасности осьминог рефлекторно выбрасывает темную жидкость, что помогает животному скрыться.



поведения животных и человека. Он показал, что условный рефлекс не единственная форма индивидуального поведения. У кишечнополостных, плоских червей (планарий) нет настоящих условных рефлексов, хотя при частом сочетании света лампочки с электрическим раздражением можно наблюдать внешне сходную картину: гидра сжимается в комок при вспышке света до электрического раздражения.

Однако это происходит не потому, что свет стал сигналом опасности, а потому, что следующие друг за другом частые раздражения повысили чувствительность нервной системы гидры, произошла суммация возбуждений, и теперь свет, более слабый раздражитель, стал вызывать реакцию. Такие формы поведения были названы досигнальными. Опыт не получается, если увеличить интервалы между раздражениями.



ИВАН ПЕТРОВИЧ ПАВЛОВ (1849—1936)

Академик Иван Петрович Павлов — советский физиолог, создатель материалистического учения о *высшей нервной деятельности* и современных представлений о процессе пищеварения.

Из русских ученых он первым был удостоен Нобелевской премии в 1904 г. за многолетний труд по исследованию механизмов пищеварения. И. П. Павлов изучил характер секреции главных пищеварительных желёз при переваривании различных видов пищи и участие *нервной системы* в регуляции пищеварительного процесса, заново создав физиологию пищеварения. Для этого ему пришлось разработать целую серию остроумных операций, позволивших, не нарушая пищеварительных процессов, увидеть, что происходит в пищеварительных органах, скрытых в глубине тела.

И. П. Павлов внес важный вклад во многие разделы физиологии, в том числе в физиологию *сердечно-сосудистой системы,* исследовав особенности рефлекторной регуляции и саморегуляции кровообращения. Главная его заслуга — изучение функций больших полушарий головного мозга, создание учения о высшей нервной деятельности. В процессе этих исследований Павлов открыл особый тип *рефлексов,* образующихся у животных в индивидуальной жизни. Впоследствии их назвали условными рефлексами. С одной стороны, условные рефлексы представляют собой физиологические реакции и могут быть изучены физиологическими методами, а с другой — элементарное психическое явление.

Ни один физиолог мира не был так знаменит, как Павлов. Он был избран членом академий наук 22 стран и почетным членом 28 научных учреждений.

После Великой Октябрьской социалистической революции Совет Народных Комиссаров издал специальный декрет, подписанный В. И. Лениным, о создании условий для обеспечения научной деятельности ученого как совершенно исключительной, имеющей огромное значение. В Ленинграде был организован Физиологический институт, а в селе Колтуши — биостанция, получившая известность как «столица условных рефлексов».

Выдающийся ученый воспитал огромную армию учеников и последователей. От лица физиологов нашей планеты, собравшихся в 1935 г. в Ленинграде на Всемирный конгресс, Павлову был присвоен титул «старейшины физиологов мира». В том же году, обращаясь к молодежи, Иван Петрович писал: «Помните, что наука требует от человека всей его жизни». Вся его жизнь — подтверждение этих слов.

И. П. Павлова помнят не только как великого ученого, но и как борца за мир во всем мире. Делегаты конгресса из 37 стран стоя аплодировали ему, когда он, открывая заседание, обратился к полутора тысячам слушателей со страстным призывом заклеймить войну как самое позорное явление человеческой жизни. «...Я счастлив, — сказал ученый, — я счастлив, что правительство моей великой Родины, борясь за мир, впервые в истории провозгласило: «Ни пяди чужой земли...»

Все творчество Павлова было проникнуто горячей любовью к Родине. «Что ни делаю, — писал он, — постоянно думаю, что служу этим, сколько позволяют мои силы, прежде всего моему отечеству, нашей русской науке».

У дождевых червей можно выработать кратковременные условные рефлексы. А у насекомых, моллюсков и хордовых вырабатываются настоящие условные рефлексы: условные раздражители становятся сигналом жизненно важных событий. Чем выше организация животного, тем точнее становятся реакции на сигналы. При этом условными раздражителями становятся не только внешние факторы, но и движения самого животного. Если собаку или кошку подкармливать, заставляя их вставать на задние лапы, то это движение станет пищевым сигналом и животные будут использовать его для выпрашивания лакомства. Интересно, что у высших животных легко возникают цепи условных рефлексов, где первое движение является сигналом второго, второе — третьего, пока, наконец, последнее движение не приведет к подкреплению всей цепочки пищей, встречей с детенышем и др.

У многих птиц и млекопитающих мы встречаемся с элементами рассудочной деятельности. В ее основе лежит способность использовать старые фрагменты поведения для решения новых задач. Так, болонка, которую выучили «служить» за сахар, может этим движением выпрашивать и прогулку.

Если сложные безусловные рефлексы образуют цепи безусловных рефлексов, называемые *инстинктами*, то условные раздражители, следующие в одном и том же порядке, вызывают образование динамического стереотипа (см. *Высшая нервная деятельность*).

От рефлексов следует отличать автоматизмы: способность нервных и других *клеток, тканей, органов* к ритмической, периодической или непериодической деятельности без очевидных связей с внешней средой. Примером автоматизма могут быть плавательные движения медузы, которые осуществляются самопроизвольным возбуждением нейронов, расположенных по периметру ее колокола.

РЕЦЕПТОРЫ

Рецептор (от латинского слова receptor — принимающий) в биологии имеет два значения. В первом значении рецепторами называют чувствительные нервные окончания или специализированные *клетки*, воспринимающие раздражения из внешней или внутренней среды и преобразующие их в нервное возбуждение, передаваемое в виде потока нервных импульсов в центральную *нервную систему* организма.

Различают первичные рецепторы, представляющие собой простые нервные окончания отростков центростремительных нервных клеток — нейронов, и вторичные рецепторы, имеющие специализированные клетки для восприятия определенного раздражения. К первичным рецепторам относятся, например, нервные окончания в коже, воспринимающие осязательные и болевые раздражения, а ко вторичным — обонятельные клетки носовой полости, колбочки и палочки сетчатки глаза, воспринимающие свет. Палочки — это видоизменившиеся эпителиальные клетки, содержащие вещества, способные распадаться под действием света. Образующиеся продукты распада вызывают изменения активности этих клеток,

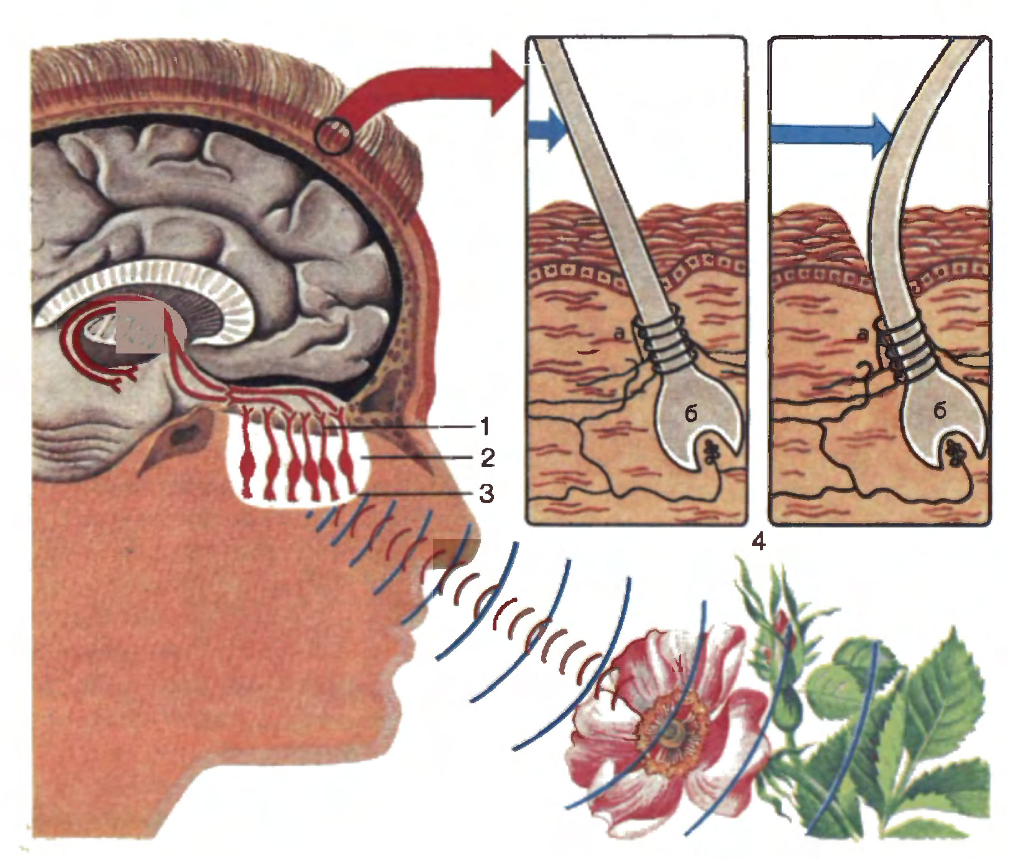


Схема обонятельного и тактильного рецепторов человека: *1* — отросток обонятельной клетки, передающий возбуждение в мозг; *2* — тело обонятельной клетки; *3* — воспринимающие волоски; *4* — тактильный рецептор волоса — нервное сплетение (*а*) волосяной луковицы (*б*); *слева* — в состоянии покоя, *справа* — при раздражении, наступившем в момент деформации нервного сплетения в результате сгибания волоса.

которые регистрируются и обрабатываются нейронами сетчатки. В зависимости от степени возбуждения колбочек и палочек нейроны усиливают или ослабляют поток нервных импульсов, посылаемых в мозг. По аналогичному принципу работают и другие вторичные рецепторы, воспринимающие звуковые колебания, давление на кожу, положение тела в пространстве.

Различают экстрорецепторы (экстероцепторы), воспринимающие внешние раздражения: температуру, прикосновение, свет, звуки, вкус, запах и др.; интрорецепторы (интероцепторы), регистрирующие состояние внутренней среды организма: химический состав *крови,* ее давление на стенки сосуда, работу внутренних органов; проприорецепторы (проприоцепторы), воспринимающие натяжение сухожилий, изменение длины мышечных волокон, связочного аппарата. Рецепторы, воспринимающие механические воздействия, называют механорецепторами, химические раздражения — хеморецепторами, давление — барорецепторами.

Во втором значении этого термина рецепторами называют участки *мембраны клеток,* чувствительные к определенным веществам и передающие информацию о таком сигнале внутрь клетки. Фактически мембранные рецепторы — это особые молекулы *белка,* способные опознавать молекулы определенных соединений — белков, *пептидов,* низкомолекулярных *гормонов,* факторов *роста* и других веществ. В большинстве случаев соединение рецептора с сигнальной молекулой активирует специальный фермент. Рецепторы устроены так, что опознаваемые ими молекулы или части этих молекул способны входить в рецепторы, как ключ в замочную скважину. При этом состояние и деятельность клетки меняются. Например, рецепторы мышечных волокон, обеспечивающие автоматию сердечной деятельности, чувствительны к гормонам — адреналину и ацетилхолину. Первый гормон усиливает деятельность сердца, второй — ее тормозит.

Мембранные рецепторы функционируют также в местах соединения двух нервных клеток — синапсах. Нервное окончание одной клетки выделяет специальное вещество — медиатор (например, ацетилхолин). Рецепторы на поверхности другой клетки воспринимают этот сигнал и возбуждают вторую клетку.

РИБОСОМЫ

Рибосомы — это мельчайшие внутриклеточные частицы, осуществляющие биосинтез *белка* (см. *Трансляция).*

Белки, составляющие важнейшую часть любого организма, непрерывно обновляются в процессе его жизнедеятельности. Например, белки печени у человека обновляются наполовину за 10 суток, у ребенка ежедневно синтезируется около 100 г белков. Самое поразительное, что при образовании каждого белка с абсолютной точностью воспроизводится его первичная структура, каждая *аминокислота* находит отведенное ей место в полипептидной цепи. Как же достигается такая необыкновенная точность сборки огромных белковых молекул, состоящих из десятков и сотен аминокислотных остатков? Это происходит благодаря рибосомам, которые обнаружены в *клетках* всех без исключения организмов.

Эти субклеточные частицы имеют размер всего 20 нм. После того как было установлено, что они состоят приблизительно наполовину из рибонуклеиновой кислоты — РНК (см. *Нуклеиновые кислоты*) и наполовину из белка, их и назвали рибосомами, т. е. тельцами, содержащими РНК.

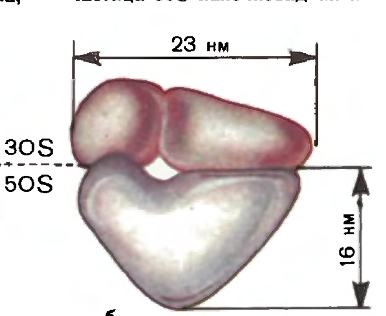
В каждой клетке содержится от десятков тысяч до миллионов рибосом. Часть их находится в свободном состоянии, но в клетках эукариот большинство рибосом прикреплено к *мембранам эндоплазматической сети* клетки. Здесь они часто образуют полирибосомы, содержащие от нескольких рибосом до десятков их. Полирибосомы возникают в результате того, что несколько рибосом присоединяются к одной молекуле информационной РНК (иРНК), несущей информацию о первичной структуре белка. Таким образом в каждой полирибосоме сразу синтезируется несколько молекул белка.

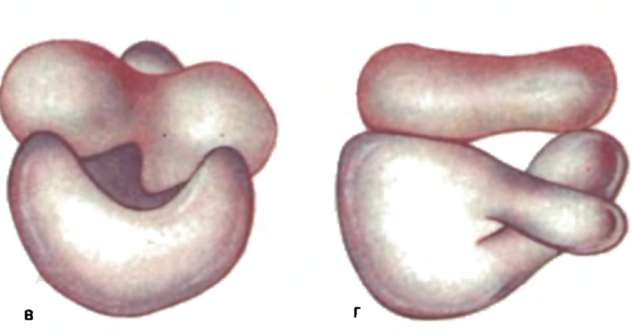
Сборка полипептидных цепей белков осуществляется непосредственно в рибосомах, настоящих фабриках белка в клетке. Рибосомы, как машины молекулярных размеров, штампуют различные белки с огромной скоростью — одна белковая молекула средних размеров в минуту.

Лучше всего изучены рибосомы одной из *бактерий* — кишечной палочки. Ее рибосомы получают в чистом виде при помощи ультрацентрифугирования тонко измельченных бактериальных клеток. Сначала оседают крупные частицы, которые удаляют. Затем при очень больших скоростях вращения осаждаются рибосомы. Скорость их оседания 70 S (S — единица Сведберга, характеризующая скорость оседания).

Рибосомы 70 S можно разделить на субчастицы, размер которых характеризуют скоростью их оседания: 30 S и 50 S. Их форма и способы упаковки в полной рибосоме 70 S показаны на рис. 1. В каждой субчастице, как и в полной рибосоме, равное весовое количество РНК и белка. В 30 S субчастице одна молекула РНК с молекулярной массой 0,5 млн. (~1500 нуклеотидных остатков), а в

Рис. 1. Схема организации рибосомы 70S кишечной палочки: *а* — по представлениям, сложившимся в 60-е гг. на основании электронно-микроскопических наблюдений, субчастица 30S выглядела, как шапочка, одетая на почти сферическую субчастицу 50S, *б* — согласно результатам электронно-микроскопического изучения В. Д. Васильевым высушенных рибосом (1974). Видно, что субчастица 30S палочковидная и составлена из головки и тела, а субчастица 50S имеет впадину, в которой располагается малая субчастица; *в* — по данным группы немецкого ученого Г. Виттмана (1977), субчастица 50S имеет два малых и один большой выступ, а также углубление, в котором располагается палочковидная, но более сложной морфологии субчастица 30S; *г* — по данным группы американского исследователя Дж. Лейка (1974—1977), субчастица 50S имеет пальцевидный выступ. В трех последних моделях (В. Д. Васильева, Г. Виттмана и Дж. Лейка) при образовании рибосомы 70S между субчастицами 30S и 50S возникает отверстие (зазор), предназначенное, как полагают, для размещения молекулы информационной РНК.





50 S одна молекула РНК с молекулярной массой около 1 млн. (~3 тыс. нуклеотидных остатков) и еще маленькая молекула РНК (5 S), состоящая всего из 120 нуклеотидных остатков.

Рибосомы 70 S свойственны клеткам *прокариот* и есть в некоторых субклеточных частицах, например в хлоропластах и *митохондриях*. В цитоплазме клеток эукариот присутствуют преимущественно рибосомы 80 S, состоящие из субчастиц 40 S и 60 S. В отличие от рибосом 70 S в рибосомах 80 S есть еще одна низ-

Рис. 2. Модель вторичной структуры рибосомальной РНК, содержащейся в малой субчастице рибосом: *А, У, Г, Ц* — полностью консервативные (неизменные) области; *1, 2, 3, 4* — постоянные домены (структурно и функционально обособленные области); *А, Б, В, Г, Д, Е, Ж* — вариабельные домены (в скобках указаны пределы изменения числа нуклеотидных остатков в них в зависимости от источника выделения рибосом).

комолекулярная РНК (5,8 S), локализованная в 60 S субчастице.

В клетках эукариот синтез рибосомных РНК (кроме 5 S) и присоединение к ним рибосомных белков происходят в специальной структуре *ядра* — ядрышке. После этого готовые субчастицы выходят из ядра в цитоплазму, где и осуществляют свои функции.

Первичная структура как низкомолекулярных, так и высокомолекулярных рибосомных РНК, т. е. чередование в них нуклеотидных остатков, выяснена. Более того, известна и пространственная конфигурация полинуклеотидных цепей всех видов рибосомных РНК (рис. 2). РНК составляет остов субчастицы, к которому прикрепляется в 30 S субчастице 21 молекула белка, а в 50 S субчастице — 34 молекулы белка. Все эти белки оказались различными. Каждый белок выделен, выяснена его первичная структура, а у многих и третичная (рис. 3).

Такие подробные сведения о РНК и белках рибосом позволили построить модели субчастиц (рис. 4). Модель субчастицы 30 S рибосомы кишечной палочки создана в Институте белка АН СССР под руководством А. С. Спирина.

Структура и функция рибосомы тесно связаны. В процессе трансляции иРНК располагается на границе субчастиц 30 S и 50 S. Как полагают, перемещение субчастиц по отношению друг к другу обеспечивает осуществление многоэтапного процесса синтеза полипептидной цепи. РНК и белки в рибосоме скомпонованы так, что образуют ряд центров, каждый из которых предназначен для выполнения своей конкретной операции в процессе биосинтеза белковой молекулы.

Рис. 4. Пространственная структура субчастицы 30S рибосомы кишечной палочки: *слева* **— объемная модель субчастицы 30S;** *справа* **— объемная модель (третичная структура) рибосомной РНК (М= 500 тыс.), содержащейся в этой субчастице, с расположенными на ней белками.**

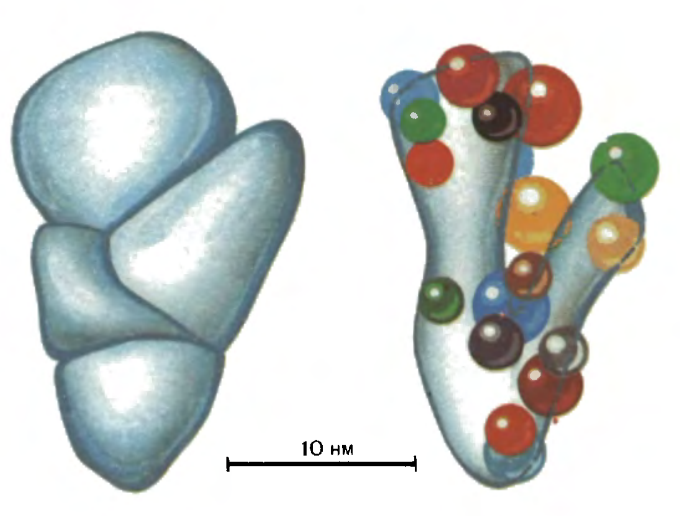
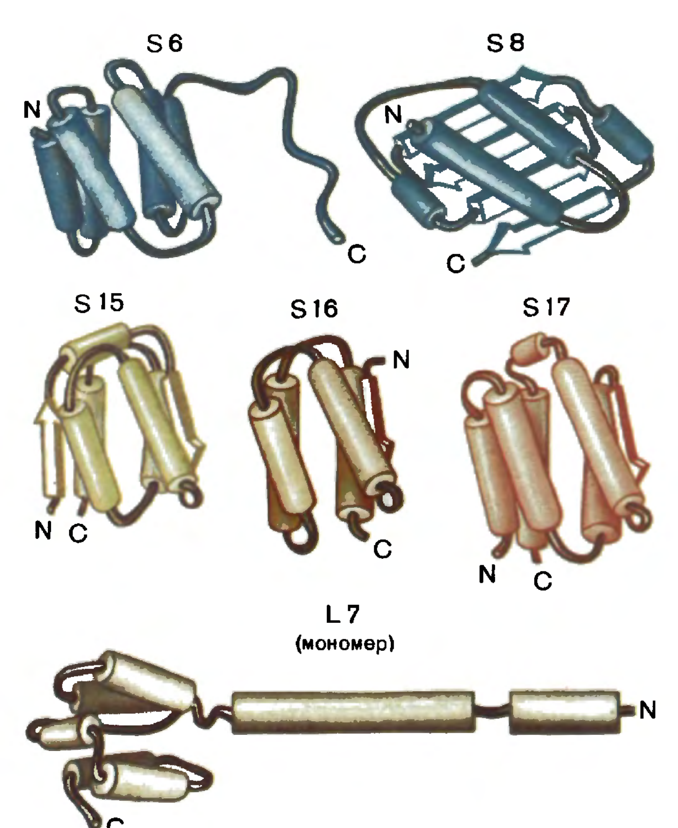


Рис. 3. Схематическое изображение третичных структур некоторых рибосомальных белков. S6, S8, S15, S16 и S17 — белки малой (small — отсюда индекс S) субчастицы (30S) рибосомы кишечной палочки; L7 — белок большой (large — отсюда индекс L) субчастицы (50S) рибосомы кишечной палочки; N и C — N-концевая и C-концевая аминокислоты в полипептидных цепях рибосомальных белков; α-спиральные участки полипептидных цепей изображены в виде цилиндров, β-структуры — в виде стрелок (об α-спиралях и β-структурах см. ст. ***Белки*****).**



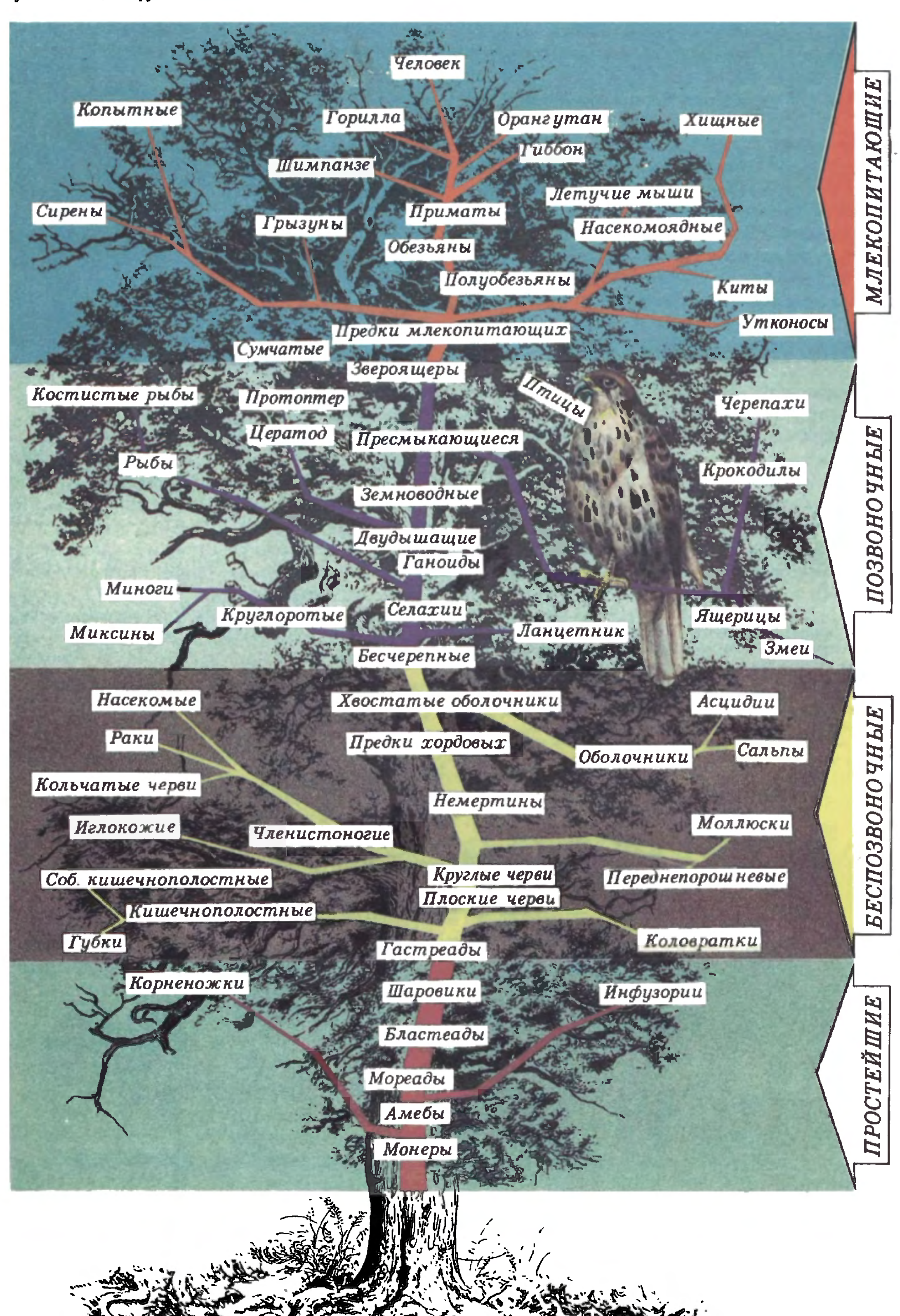
Кроме рибосомы и иРНК в синтезе белка участвуют молекулы транспортной РНК, несущие на себе аминокислоту (аминоацил-тРНК), молекулы гуанозинтрифосфорной кислоты (ГТФ), доставляющие энергию для работы рибосомы, а также несколько видов белков, которые присоединяются к рибосоме временно и обеспечивают начало синтеза белка, удлинение полипептидной цепи и ее завершение. Тем не менее механизм работы рибосомы во многом еще непонятен и интенсивно исследуется.

Можно полагать, что если удастся полностью понять механизм работы рибосомы, то в руках человечества окажется способ производства белков, позволяющий решить многие народнохозяйственные проблемы.

РОДОСЛОВНОЕ ДРЕВО

Родословное древо (филема) — способ изображения родственных связей и *эволюции* организмов в виде дерева. Еще *Ч. Дарвин* в 1859 г. писал, что «это сравнение очень близко соответствует истине. Зеленые ветви с распускающимися почками представляют существующие виды, а ветви предшествующих лет соответствуют длинному ряду вымерших видов». Сам Дарвин дал в 1859 г. лишь схему возникновения многих видов, родов и семейств от од-

Так представлял немецкий ученый XIX в. Э. Геккель родословную животных, которую он как зоолог разработал наиболее подробно и близко к действительности.



ного общего вида-предка, но уже в 1866 г. Э. Геккель изобразил первое родословное древо всех живых существ (см. рис.). Геккель различал три основных царства живой природы — растений, протистов и животных. Его древо отражало уровень биологических знаний того времени, он сближал далекие по современным представлениям группы.

Сейчас биологи склоняются к мысли, что жизнь вскоре после ее возникновения расщепилась на три ствола, которые называют надцарствами. Два из них известны уже давно — это организмы, не имеющие оформленного *ядра (прокариоты)*, и ядерные организмы *(эукариоты)*. Сравнительно недавно некоторые систематики прокариот стали разделять на два самостоятельных надцарства — настоящих *бактерий* (эубактерий) и архебактерий. По некоторым чертам строения и *обмена веществ* архебактерии оказываются близки к эукариотам. По-видимому, архебактерии сохранили больше, чем другие организмы, черты исходного праорганизма.

Эубактерии включают бактерий и группу, называвшуюся ранее синезелеными водорослями (цианобактерии). Построить их родословное древо удалось лишь в последние годы, использовав сравнительные данные по строению их рибосомных РНК.

По-видимому, ветви архебактерий, эубактерий и предков организмов с оформленным ядром — эукариот разошлись от общего ствола жизни практически одновременно. Дальнейшая история эукариот связана, вероятно, с *симбиозом* — какие-то аэробные бактерии стали обитать в цитоплазме их клеток. Так могли возникнуть *митохондрии*. С тех пор жизнь эукариот неразрывно связана с аэробным, кислородным дыханием, лишь немногие многоядерные амебы, обитающие в бескислородных илах, потеряли его уже вторично. Впрочем, эту теорию симбиозогенеза эукариот разделяют не все.

Второй этап симбиоза: внедрение в эукариотические клетки каких-то синезеленых организмов — предков хлоропластов — привел к возникновению хлорофиллоносных организмов — растений. Сначала это были одноклеточные зеленые водоросли, но из них возникло все разнообразие современной флоры.

Надцарство эукариот теперь обычно разделяют на три ветви — три царства — животных, растений и грибов. Но не все в этой схеме ясно. Загадочные слизевики, например, настолько далеко отстоят от всех трех царств, что, похоже, заслуживают выделения в четвертое. Споры идут и о месте в филеме простейших, одноклеточных эукариот. Ведь одни из них ближе к растениям (эвглена, вольвокс и др.), другие — к животным. Но выделить простейших в самостоятельную ветвь, как это сделал Геккель, вряд ли возможно. Слишком они разнообразны. Современные составители древ колеблются — разделить простейших по трем основным царствам эукариот или же создавать новые царства. Число основных ветвей ядерных организмов тогда возрастет чуть ли не до десятка.

Основные ветви-царства в родословном древе делятся на более мелкие — типы. О числе этих мелких ветвей, порядке их расположения, а также о времени ответвления до сих пор идут ожесточенные споры. Одних животных систематики насчитывают до 33 типов. Не все из них имели одну эволюционную судьбу: в кроне «древа жизни» имеются пышно разветвленные побеги вроде огромных типов членистоногих, моллюсков или хордовых и тоненькие веточки, представленные немногими десятками видов. Но все они в равной степени интересны систематикам-эволюционистам. Ведь родословные древа — наглядное изображение процесса *филогенеза.*

В настоящее время родословные древа строятся не только на основании данных морфологии, эмбриологии и палеонтологии, как во времена Геккеля и в последующие годы. Для сравнения используют данные молекулярной биологии о последовательности *аминокислот* в белках и нуклеотидов в РНК и ДНК. Для сравнения внутри относительно небольших и не очень древних групп, таких, как позвоночные, используют быстро меняющиеся в эволюции белки, например гемоглобин. Для анализа же событий, происшедших миллиарды лет назад, используют такие мало меняющиеся (консервативные) молекулы, как рибосомные РНК.

РОСТ

Издавна рост определяют как увеличение размеров и массы организма. Однако за этой очевидностью скрываются невидимые процессы новообразования молекул, когда скорость этого новообразования превышает скорость их распада. Рост является непременным условием для осуществления одного из основных свойств жизни — *размножения.*

Простейшая форма одноклеточного организма — это шар. При увеличении радиуса шара его поверхность увеличивается во второй степени, а объем — в третьей. *Обмен веществ* такого организма с внешней средой осуществляется через его поверхность. Поэто-

му рост оказывается возможным лишь до тех пор, пока поверхность такого организма может «обслужить» его объем. Одноклеточные организмы палочковидной или эллипсоидальной формы имеют несколько большую (относительно объема) поверхность, чем шарообразные, но и их равномерный (во всех направлениях) рост ограничивает та же закономерность. Значительное увеличение объема одноклеточного организма возможно при неравномерном (лишь в определенных участках) росте его *клетки*, приводящем, например, у некоторых водорослей к возникновению очень сложной формы тела.

Рост многоклеточных растений определяется как делением, т. е. увеличением числа составляющих их клеток, так и ростом самих клеток. При росте типичной растительной клетки происходят увеличение объема ее протопласта, растяжение ее целлюлозной оболочки и вакуолизация (см. *Клетка*). У разных многоклеточных водорослей рост их тел — талломов — может происходить диффузно (способны делиться все клетки), а также апикально (клетки делятся лишь близ вершин), базально (близ основания) и интеркалярно (в участках, удаленных как от вершины, так и от основания таллома).

У высших растений деление клеток, определяющее их рост, обычно происходит в специальных, так называемых образовательных тканях, или меристемах. По положению в теле растения меристемы бывают верхушечными, или апикальными (обусловливают нарастание корней и верхушек побегов в длину), вставочными, или интеркалярными (определяют, например, удлинение междоузлий многих растений), и боковыми, или латеральными, благодаря которым формируются первичные проводящие ткани стеблей и корней и происходит вторичное утолщение этих органов.

Образованные меристемами клетки дифференцируются, приобретая особенности строения, характерные для клеток тех или иных постоянных тканей. Процессы роста регулируются как внешними факторами, например климатическими, так и внутренними, наследственно закрепленными.

У одних животных рост продолжается всю жизнь, постепенно замедляясь (например, рыбы), у других он происходит только до определенного возраста (птицы, млекопитающие), у третьих — периодически (у многих членистоногих во время линьки), у четвертых — только на одной стадии развития (у многих насекомых растут только личинки).

У многоклеточных животных рост любого органа начинается с размножения клеток. Обычно клетки проходят несколько циклов деления, и их число увеличивается в геометрической прогрессии. После образования достаточного числа клеток они растут до определенного предела, а затем наступает равновесие между разрушением старых и образованием новых клеток.

Рост может идти также путем увеличения размеров клеток, которые не делятся. Этот процесс происходит, например, у коловраток, круглых червей, личинок насекомых в период между линьками. Рост размеров отдельных клеток при этом часто связан с полиплоидизацией ядер (см. *Полиплоидия*).

Рост разных частей тела часто происходит неравномерно — у ребенка, например, голова

Относительная скорость роста животных, растений и микроорганизмов.



растет значительно медленнее, чем остальное тело, и особенно ноги.

Рост отдельных типов клеток контролируется биологически активными веществами из группы *пептидов,* роль которых пока только исследуется.

Как измеряют рост? Проще всего измерить, сколько массы или объема приросло в единицу времени. Такую величину называют абсолютной скоростью роста. Однако сравнение абсолютных скоростей роста разных организмов осложнено их неодинаковой исходной массой. Действительно, кто растет быстрее — мышонок или слоненок? Лучше сравнивать, на сколько процентов увеличилась каждая единица объема за единицу времени. Это относительная скорость роста. По величине относительной скорости роста некоторые части растения (например, тычиночные нити и пыльцевые трубки цветков) и ловчие гифы хищных грибов опережают микроорганизмы и животных.

Существуют различные формулы, описывающие кривую увеличения массы тела. Они позволяют лучше понять механизмы роста, а иногда и предсказать по начальным показателям, какого размера достигнет организм в конце жизни.

Скорость роста прямо зависит от питания, но при этом важно, чтобы состав пищи был сбалансирован, т. е. содержал все необходимое в наилучших (оптимальных) соотношениях. Например, для роста сельскохозяйственных животных нужны *аминокислоты* — лизин и метионин, которых в растениях и в зерне меньше, чем в мясе. Поэтому для получения 1 кг мяса приходится затрачивать много килограммов растительных кормов. Это количество можно значительно уменьшить, если к зеленому корму и зерну добавлять лизин и метионин в том или ином виде (например, препараты дрожжей).

Питание человека для нормального роста тоже должно быть сбалансировано: при нехватке или отсутствии животных белков (например, молока) дети отстают в росте и заболевают.

Рост позвоночных животных контролируется специальными *гормонами* — соматотропином (гормоном роста), выделяемым гипофизом, и соматомединами, которые синтезируются в печени. На рост также влияют половые гормоны, количество которых резко возрастает при половом созревании. Поэтому у девочек в 12—13 лет, а у мальчиков в 13—15 лет происходит резкое ускорение роста, после чего он замедляется и к 18—20 годам обычно прекращается совсем.

В течение последнего столетия в большинстве стран наблюдается постепенное увеличение среднего роста людей. Существует много гипотез, но доказанного научного объяснения этому явлению пока нет.

РУДИМЕНТЫ

Рудименты, рудиментарные *органы* или структуры (от латинского слова rudimentum — зачаток, первооснова) — это образования, потерявшие свое первоначальное значение для организма и, по-видимому, не выполняющие в организме какой-либо существенной функции. Обычно они недоразвиты.

Примеры рудиментов: скрытые в мышцах у китов и дельфинов кости задних конечностей; скрытые под кожей и недоразвитые глаза крота и пещерного земноводного — протея; скрытые в оперении зачатки крыльев у новозеландской птицы киви; мышцы, двигающие ушной раковиной, у человека (обычно они недоразвиты, но бывают люди, способные шевелить ушами).

Как только необходимость в органе отпадает (например, глаза для подземных и пещерных животных), *естественный отбор* перестает «следить» за ним. В *генах,* определяющих появление потерявшей значение структуры, бесконтрольно накапливаются *мутации.* Они приводят сначала к уменьшению структуры, ее недоразвитию, а потом и к исчезновению. Процесс этот может длиться сотни и тысячи поколений, если, конечно, рудимент не очень мешает организму.

Рудименты — наглядное свидетельство эволюции и часто позволяют судить о родственных связях группы. Например, зачатки тазовых костей у примитивных змей (удавов) свидетельствуют о происхождении змей от предков, близких к ящерицам.

От рудиментов, которые сохраняются в течение всей жизни у всех представителей данного вида, следует отличать атавистические признаки (см. *Атавизм),* имеющиеся далеко не у каждой особи.

С

СЕКРЕЦИЯ

Секрецией (от латинского слова secretio — отделение) называется синтез и выделение клетками желёз веществ — секретов, необходимых для жизнедеятельности организма. Секретирующие клетки выделяют самые разнообразные органические и неорганические соединения: *белки*, жиры, *углеводы*, растворы солей, *гормоны* и др. Все органоиды клетки принимают участие в выработке секрета.

Состав секрета определяется его назначением. Например, секреторные клетки пищеварительных желёз выделяют *ферменты* (белки), необходимые для расщепления пищевых веществ. Железы пищеварительного тракта образуют также много слизи, содержащей помимо белков полисахариды, а железистые клетки желудка — соляную кислоту. Секрет ядовитых желёз змей содержит большое количество ферментов, полисахаридов и токсинов, которые действуют на *нервную систему* жертвы.

Железы бывают одноклеточные и многоклеточные. Пример железы, состоящей из одной клетки — бокаловидная клетка эпителия кишечника. Железы, состоящие из большого числа клеток, часто представляют собой целые секреторные органы, например поджелудочная и слюнные железы.

Секрет может выделяться клетками в протоки железы, а также на поверхность кожных покровов. Такой тип секреции называют внешним или экзокринным (железы *пищеварительной системы*). При эндокринном (внутреннем) типе секреции *биологически активные вещества* выделяются в кровеносную или лимфатическую систему. Примером таких желёз являются щитовидная, паращитовидная железы, гипофиз, а также особые клетки поджелудочной железы, выделяющие инсулин или глюкагон.

СЕЛЕКЦИЯ

Селекция (от латинского слова selectio — отбор, выбор) — получение новых форм растений, животных и микроорганизмов с ценными для практики свойствами. Основные приемы селекции — подбор удачных родительских пар, *гибридизация* (скрещивание) и *искусственный отбор* среди потомства. Часто, особенно при селекции растений, искусственно повышают уровень мутационной изменчивости (см. *Мутация*) действием особых химических соединений (мутагенов), радиоактивного излучения или веществ, удваивающих число *хромосом* в наборе.

Селекционер обычно старается сочетать в выводимом им сорте или породе хозяйственно ценные признаки обоих родителей, например: урожайность, морозостойкость, засухоустойчивость у растений или же жирномолочность и продуктивность крупного рогатого скота; бóльший выход пенициллина или других *антибиотиков* у искусственно разводимых плесневых грибов и т. д. Научно обоснованные методы селекции основаны на законах генетики. В последнее время селекцию сочетают с методами *генной инженерии*. Различают разные формы селекции: массовый отбор *фенотипов* в *популяции*; индивидуальный, когда популяции делят на линии и семьи с известными родословными; отбор братьев и сестер (сибселекция, например когда быка оставляют на племя, если его сестры дают много молока); отбор по качеству потомков (наиболее надежный, но самый медленный путь).

Селекция высокопродуктивных форм — самый эффективный и наиболее выгодный экономический путь повышения продуктивности сельского хозяйства. Так называемую зеленую революцию в земледелии Индии, Мексики и ряда других стран совершило внедрение низкорослых, карликовых и полукарликовых сортов злаков (риса и пшеницы), у которых рост идет в колос, а не в солому. Такие злаки не полегают и наиболее экономичны. Подобные сорта пшениц созданы и у нас, например Донская полукарликовая и Мироновская низкорослая. В некоторых случаях селекция буквально достигла предела: есть породы кур, несущих яйца практически каждый день круглый год. Дальнейшая селекция идет в направлении «наивысшей оплаты корма», т. е. получения пород, дающих наибольший доход от продукции при наименьших затратах.

В селекции микроорганизмов, производящих антибиотики, *витамины* и другие хозяйственно ценные вещества, наибольшее значение имеет искусственное повышение *изменчивости* с последующим отбором. Хотя современные сорта и породы по продуктивности в десятки, а то и сотни раз превосходят своих диких предков, перед селекционерами по-прежнему открывается обширное поле деятельности. В ближайшем будущем речь пойдет о создании принципиально новых видов растений, животных и микропродуцентов. Это будет достигнуто сочетанием методов генной инженерии и селекции. Сейчас уже начато промышленное производство медицинских препаратов — человеческого инсулина, интерферона и других, которые удается синтезировать в микроорганизмах.

НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ ВАВИЛОВ (1887—1943)



«Жизнь коротка, а так много нужно сделать», — говорил академик Николай Иванович Вавилов. Сделанного им в науке хватило бы на несколько жизней. С одинаковым основанием его можно считать и генетиком, и растениеводом, и селекционером, и географом.

Еще студентом Московского сельскохозяйственного института (ныне Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева) он поражал своих товарищей и преподавателей неистощимой энергией, трудоспособностью, инициативой. На старших курсах Вавилов с увлечением работал над проблемой *иммунитета* у растений — невосприимчивости их к различным заболеваниям. Впоследствии он обосновал учение об иммунитете растений (1919). В студенческие же годы Николай Иванович побывал в экспедиции на Кавказе, где собрал ботаническую коллекцию. Она положила начало делу всей жизни ученого — поиску растительных ресурсов земного шара.

С 1924 г. Вавилов был директором Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур в Ленинграде (впоследствии Всесоюзный институт растениеводства, ВИР). Под его руководством институт развернул разностороннее изучение растительных богатств мира. На основании глубоких исследований Вавилов создал учение о центрах происхождения культурных растений. Он установил 7 главных центров: 5 — в Старом Свете и 2 — в Новом. В эти центры под руководством и при участии Николая Ивановича снаряжались многочисленные экспедиции. Они побывали в Средиземноморье, Северной Африке, Иране, Афганистане, Китае, Корее, Японии, Северной и Южной Америке и других местах. Собранные материалы дали возможность создать богатейшую коллекцию культурных растений мира и их дикорастущих предков. Живая коллекция ВИРа все время пополняется. Это наше национальное богатство. Она имеет огромное значение для селекционной и научно-исследовательской работы.

Еще в 1920 г. Вавилов сформулировал закон гомологических рядов в наследственной изменчивости у близких видов и родов, который биологи сравнивают с периодической системой Д. И. Менделеева. Ученый обнаружил удивительное повторение одних и тех же признаков у растений родственных видов. Так, у мягкой пшеницы есть растения с остистыми, безостыми, полуостистыми колосьями; белоколосые, красноколосые, черноколосые, сероколосые формы и т. д. Родственные мягкой пшенице виды имеют те же формы. Вавилов объяснил это тем, что у родственных организмов изменчивость признаков идет в одном направлении — параллельно. Такую параллельную изменчивость имеют виды не только одного рода, но и близких по своему происхождению родов, например, пшеницы, ячменя, ржи и других злаков. Этот закон помогает ученым ориентироваться среди огромного разнообразия живых существ. Он облегчает поиски нужных для селекции хозяйственных признаков растений и животных.

Руководствуясь законом гомологических рядов, ученые нашли, например, негорькие, съедобные для пастбищных животных формы люпина, одновременно обогащающие почву азотом, которые стали родоначальниками новой, кормовой формы люпина.

Н. И. Вавилов был одним из первых организаторов и руководителей сельскохозяйственной науки в нашей стране, первым президентом Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина. По его инициативе созданы многие научно-исследовательские учреждения и сортоиспытательные участки. Особое внимание он уделял продвижению земледелия в неосвоенные районы Севера, полупустынь и высокогорий.

Н. И. Вавилов был членом ЦИК СССР. Его выдающиеся заслуги отмечены премией имени В. И. Ленина.

Имя Н. И. Вавилова носит ВИР, Всесоюзное общество генетиков и селекционеров, Институт общей генетики АН СССР. За выдающиеся заслуги в области генетики, селекции и растениеводства присуждаются премии и медали имени Н. И. Вавилова.

Яркая и прекрасная жизнь ученого-патриота, смелого мыслителя, основоположника современного учения о биологических основах селекции будет служить примером новым и новым поколениям ученых.

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

Совокупность сосудов и полостей, по которым циркулирует *кровь* или гемолимфа (у насекомых), составляет сердечно-сосудистую систему. Эта система доставляет *тканям* питательные вещества и кислород; уносит продукты распада; переносит химические вещества, например *гормоны;* обеспечивает теплорегуляцию; участвует в защите организма от генетически чужеродных организмов, например микробов, *вирусов* (см. *Иммунитет*). Движение жидкости по сосудам обеспечивают или пульсирующие сосуды, или полый мышечный орган, называемый сердцем.

Различают замкнутую (рис. 1) и незамкнутую (рис. 2) кровеносную систему. У большинства беспозвоночных животных кровеносная система незамкнутая, так как сосуды прерываются щелевидными пространствами и жидкость, содержащаяся в сосудах, непосредственно омывает *клетки* и ткани тела. У позвоночных животных и некоторых беспозвоночных (дождевые черви) кровеносная система замкнутая; кровь циркулирует только по сосудам и непосредственно клетки тканей не омывает. Питательные вещества и кислород из крови переходят в тканевую (межклеточную) жидкость и оттуда поступают к клеткам и тканям. Продукты распада перемещаются в обратном направлении: сначала они поступают в тканевую жидкость, а лишь потом в кровь.

У позвоночных животных наряду с кровеносной системой существует еще и лимфатическая. Обе системы тесно связаны между собой.

От сердца к органам по артериям направляется кровь. Артерии многократно ветвятся, образуя в тканях мельчайшие сосуды — капилляры. В капиллярах небольшая часть плазмы крови покидает кровеносные сосуды, пополняя тканевую жидкость. Основная часть крови, пройдя через капилляры, стекает в вены и по ним возвращается к сердцу. Тканевая жидкость всасывается лимфатическими капиллярами, превращается в лимфу, которая движется по лимфатическим сосудам и по лимфатическим протокам попадает в вены. Таким образом, в ткани жидкость поступает только по артериям, а оттекает от тканей двумя путями: кровь — по венам, а тканевая жидкость — по лимфатическим сосудам, которые возвращают вышедшую из капиллярных сосудов жидкость обратно в кровяное русло (рис. 3).

КАК СОХРАНИТЬ ЗДОРОВОЕ СЕРДЦЕ И СОСУДЫ



Малоподвижный образ жизни, особенно в сочетании с обильным питанием, вредно сказывается на развитии и функционировании сердца человека. Происходит ожирение и ослабление сердца, которое не может справиться с нагрузкой в экстремальных условиях. Только активный образ жизни, постоянные занятия физическим трудом, физкультурой и спортом могут предотвратить это и повысить жизнеспособность организма.

Очень вредны нервные перегрузки, нарушающие регуляцию работы сердца и сосудов, ритм их деятельности. Развиваются спазмы сосудов, ухудшается кровоснабжение мышцы сердца и других органов тела.

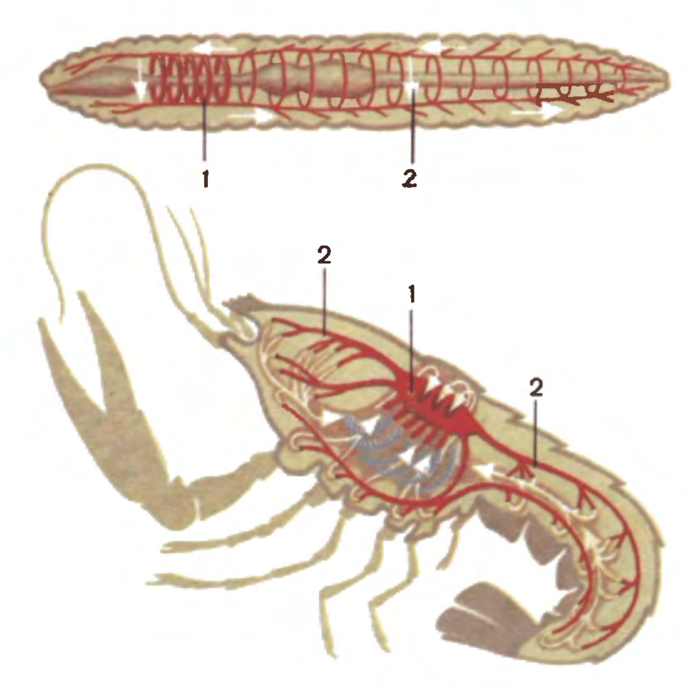
Физические перегрузки могут вызвать чрезмерное растяжение сердца, увеличение его размеров. При этом снижается сила сокращений сердца, объем прокачиваемой крови, нарушается регуляция его деятельности, снижается работоспособность. Для того чтобы этого не произошло, нужно знать, какие нагрузки допустимы для вашего возраста, и не превышать их, правильно организуя труд, игры, занятия спортом. Необходимо постоянно заниматься физическим трудом, физкультурой и спортом, постепенно увеличивая нагрузки.

Употребление алкоголя, курение табака также приводят к глубоким нарушениям деятельности сердца и сосудов. Алкоголь учащает и ослабляет работу сердца, нарушает регуляцию его деятельности, кровообращение в мышце сердца. Такое сердце не может справиться с большими физическими нагрузками. Курение табака вызывает резкое учащение работы сердца на 10—15 тыс. ударов в сутки. При частом курении наблюдается почти непрерывное сужение, спазм сосудов, замедление и нарушение кровообращения. Повреждаются веществами табака лимфатические узлы в области легких, снижается их иммунная роль. Все это приводит к общему ослаблению организма, уменьшению продолжительности жизни.

Поэтому необходимо отказаться от курения и употребления алкоголя, особенно в подростковом возрасте, когда они причиняют наиболее глубокий и подчас непоправимый вред. *И. П. Павлов* писал: «Не пейте вина, не огорчайте сердца табачищем — и проживете до 100 лет».

Рис. 1. Замкнутая система кровообращения (на примере кровеносной системы дождевого червя): *1* — сердце — пульсирующие сосуды, прогоняющие кровь по замкнутой системе кровеносных сосудов; *2* — кровеносные сосуды.

Рис. 2. Незамкнутая кровеносная система (на примере кровеносной системы рака): *1* — сердце с отверстиями, в которые всасывается кровь, находящаяся в полостях между органами; *2* — сосуды, несущие кровь к различным участкам тела, где она выталкивается в щели между органами.



Кровь, тканевая жидкость и лимфа образуют внутреннюю среду организма позвоночных.

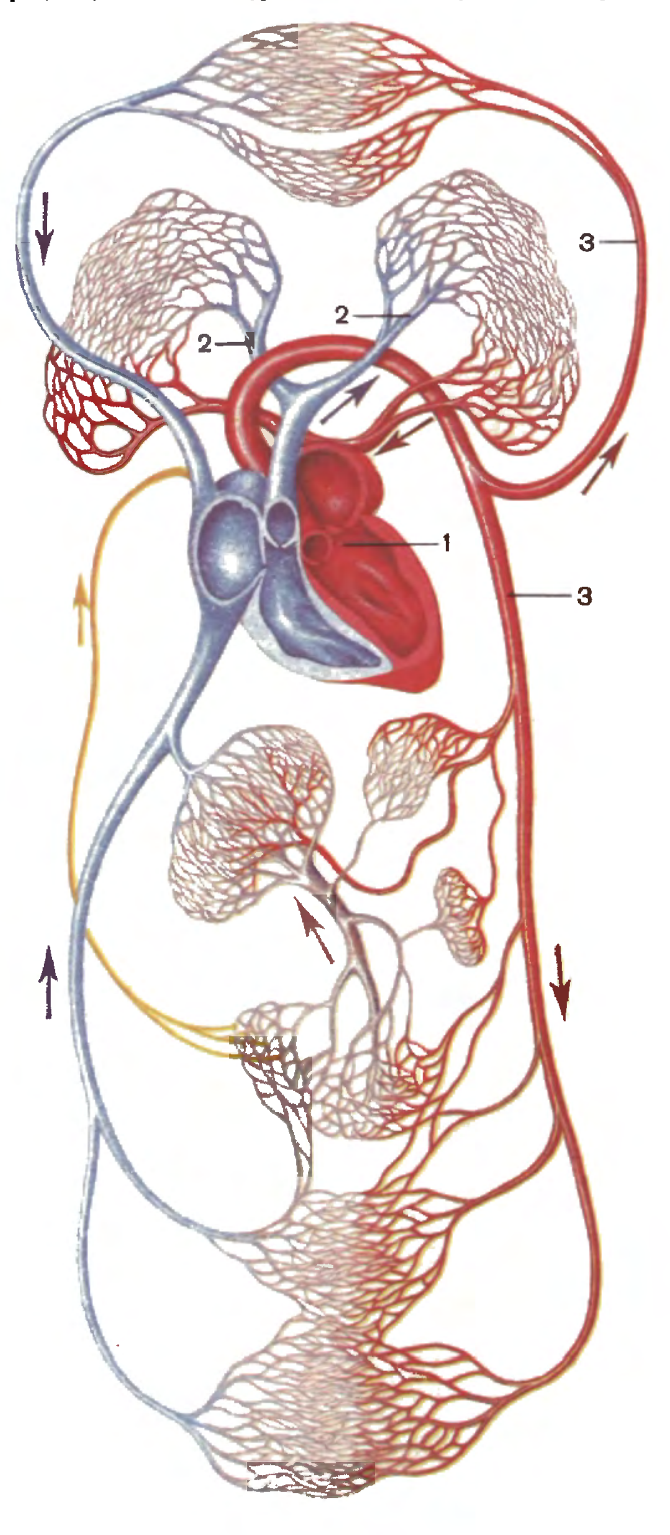
Лимфа, двигаясь по лимфатическим сосудам, проходит множество лимфоузлов, где обеззараживается (см. *Фагоцитоз*). В лимфоузлах образуются лимфоциты — клетки, относящиеся к лейкоцитам крови. Самый крупный лимфатический узел организма — селезенка. С лимфатической системой тесно связана и вилочковая железа, или тимус. Здесь лимфоциты приобретают иммунные свойства. Попав в кровь, лимфоциты быстро разносятся по всему телу. Если они обнаруживают чужеродное вещество (антиген), возникает иммунная реакция — вырабатываются защитные вещества — антитела, которые это чужеродное вещество уничтожают (см. *Антиген и антитело, Иммунитет*).

Основной орган, обеспечивающий кровообращение, — сердце. Благодаря клапанам его сокращение обеспечивает направленный ток крови. У рыб сердце двухкамерное. Кровь рыбы движется по единственному кругу кровообращения. Сердце рыбы проталкивает кровь через жаберные капилляры, где захватывается кислород, а затем через капилляры тела, где его расходуют ткани (рис. 4).

С выходом животных на сушу у них формируется второй круг кровообращения — легочный. В воздухе больше кислорода, чем в воде, и хотя в легкие и в кожу лягушки попадает только часть крови, она успевает в достаточной степени обогатиться кислородом (рис. 4). У земноводных сердце трехкамерное, состоящее из двух предсердий и одного желудочка. Обогатившаяся кислородом кровь не идет прямо к органам, а возвращается к сердцу, в левое предсердие (в правом собирается венозная кровь, возвратившаяся от органов тела). При сокращении предсердий артериальная и венозная кровь оказываются в желудочке сердца и смешиваются. Но и такая смешанная кровь, которую получают ткани, содержит не меньше кислорода, чем артериальная кровь рыбы.

В ходе дальнейшей *эволюции* сердце стано-

Рис. 3. Схема кровообращения человека: *1* — сердце; *2* — малый (легочный) круг кровообращения; *3* — большой круг кровообращения. Красным цветом показана артериальная кровь, синим — венозная, желтым — лимфатические сосуды.



вится четырехкамерным, большой и малый круги кровообращения полностью разделяются. У птиц, млекопитающих, в том числе и у человека, каждая капля крови последовательно обходит сначала легочный круг кровообращения, где кровь обогащается кислородом, а затем большой круг кровообращения, где она отдает кислород тканям, получая от них продукты распада.

Сердце способно долго и неутомимо работать. У человека оно перекачивает в среднем за минуту в покое 4—5 л крови, а при физических или эмоциональных напряжениях в 3—5 раз больше. Ритмичность работы сердца обеспечивается узлами автономной регуляции, от которых зависит автоматизм (см. *Рефлексы)* его работы (рис. 5). Узел, расположенный в правом предсердии, периодически

ПОЧЕМУ НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ НОСИТЬ ОДЕЖДУ, ЗАТРУДНЯЮЩУЮ КРОВО-ОБРАЩЕНИЕ



Ответить на этот вопрос помогут два опыта. Первый из них покажет, как влияет перетяжка на образование тканевой жидкости. Второй опыт позволит доказать, что *кровь* приносит к *тканям* кислород, без которого невозможна нормальная работа *клеток.*

Опыт 1. Тканевая жидкость образуется из плазмы крови, компоненты которой просочились через стенки сосуда кровеносного капилляра. Можно предположить, что чем выше давление в капиллярах крови, тем больше тканевой жидкости будет в межклеточном пространстве.

Попробуем это проверить экспериментально. Перетянем основание пальца, накрутив на него резиновое кольцо так, чтобы он покраснел. В этом случае приток крови по артериям будет частично продолжаться, а отток крови по венам и лимфы по лимфатическим сосудам задержится. Выждите минуту и потрогайте палец. Чувствуете, как он набух, стал плотным на ощупь. Это произошло оттого, что из-за высокого давления выход компонентов плазмы через стенки кровеносных капилляров усилился и межклетники наполнились тканевой жидкостью, отток же ее через лимфатическую систему невозможен, потому что из-за перетяжки лимфатические сосуды заполнены лимфой и принять новые порции тканевой жидкости не могут.

Если перетянуть палец еще сильнее, он становится белым: кровь не поступает к тканям и *обмен веществ* нарушается в них еще больше.

Опыт 2. Известно, что кровь доставляет тканям кислород, недостаток которого приводит к серьезному нарушению обмена веществ в тканях, но как доказать это на опыте?

Перетянем мизинец и безымянный палец резиновыми кольцами так, чтобы капилляры и вены расширились. После перетяжки пальцы должны покраснеть. Если пальцы побелели, перетяжку надо ослабить. Указательный и средний пальцы оставьте свободными. После этого сомкните все пальцы, обхватите ими колбу настольной лампы и включите свет. Убедитесь, что между указательным и средним пальцами просвечивает алая полоска света, а между безымянным и мизинцем, каждый из которых перетянут резиновым кольцом, полоска света значительно темнее.

Разный цвет полосок объясняется тем, что между неперетянутыми пальцами просвечивают артерии. Они несут артериальную кровь к тканям. Эта кровь содержит оксигемоглобин ($Hв_2O$) — вещество, придающее крови алый цвет. Между перетянутыми пальцами просвечивает кровь, поступившая от тканей по венам.

Венозная кровь содержит восстановленный гемоглобин (Нв) — вещество более темного цвета. Но если к тканям поступает кровь, богатая кислородом, а оттекает от них кровь, бедная кислородом, то ясно, что кислород остался в тканях. Прекращение кровообращения лишает ткани кислорода, необходимого клеткам для процессов жизнедеятельности.

Из опыта следует, что нельзя затруднять кровообращение тугими повязками, ремешками, шнурками, так как они нарушают доставку тканям кислорода, усиливают образование тканевой жидкости, которая механически сдавливает клетки, нарушая их работу. Ну а если в каком-то органе произошло нарушение кровообращения либо из-за неправильной шнуровки ботинок, либо из-за неудобной позы («отсидели» ногу, «отлежали» руку), прибегните к массажу. Он усилит отток не только венозной крови, но и лимфы. Вследствие этого тканевая жидкость будет интенсивнее всасываться лимфатическими капиллярами. Массировать надо всегда в сторону сердца. Помните только, что в местах, где находятся лимфатические узлы: в паху, в подколенных и подмышечных впадинах — массировать нельзя.

вызывает сокращение предсердий и возбуждает работу второго узла, находящегося на границе предсердий и желудочков, что вызывает сокращение желудочков. Благодаря автоматизму сердце может сокращаться даже вне организма, если поместить его в соответствующие условия.

Импульсы, приходящие к сердцу из центральной *нервной системы*, а также гуморальные воздействия некоторых веществ могут изменить силу и ритм сердечных сокращений, но порядок работы отделов сердца остается постоянным: вначале сокращаются предсердия, затем желудочки, потом наступает общая пауза. Скорость тока крови зависит от просвета кровеносных сосудов. Нервные импульсы, изменяющие просвет сосудов, также влияют на кровяное давление и скорость кровообращения: она возрастает при физической работе, волнении и понижается при физическом и психическом покое.

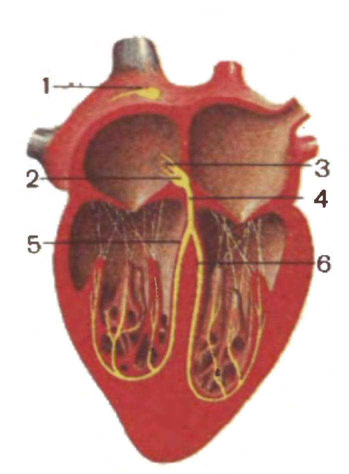


Рис. 5. Проводящая система сердца человека: *1* — синусно-предсердный узел; *2* — предсердно-желудочковый узел; *3* — предсердно-желудочковый пучок; *4* — ствол; *5* — правая ножка; *6* — левая ножка.



Рис. 4. Эволюция кровообращения у позвоночных животных — рыб, земноводных, птиц и млекопитающих: *1* — сердце; *2* — сосуды большого круга кровообращения; *3* — сосуды малого круга кровообращения. Венозная кровь показана синим цветом, артериальная — красным, смешанная — фиолетовым.

В подростковом возрасте рост сердца идет довольно интенсивно (масса сердца у подростка 14—16 лет в среднем в 11 раз больше, чем у новорожденного), а увеличение диаметра сосудов несколько отстает от темпов роста сердца. Это нередко приводит к юношеской гипертонии — повышенному кровяному давлению. Состояние это временное и с возрастом проходит. Надо только придерживаться правильного режима жизни и избегать сильных физических перегрузок. Умеренные физические нагрузки и занятия спортом под наблюдением тренера или преподавателя физкультуры полезны и необходимы.

СИМБИОЗ

Симбиозом (от греческого слова symbiosis — сожительство) называют тесное совместное существование разных видов. В это понятие включают и *паразитизм*, когда один из организмов живет за счет другого. В более узком смысле под симбиозом понимают лишь случаи взаимно выгодного сожительства особей двух видов — так называемый мутуализм (от латинского слова mutuus — взаимный). В таких симбиотических отношениях могут быть растение с растением, растение с животным, животное с животным; растения и животные могут быть в симбиозе с микроорганизмами. Симбиоз может быть и между микроорганизмами.

Пример симбиоза — микориза — соединение корня высшего растения (его конечных разветвлений) с мицелием гриба. В симбиотических отношениях находятся некоторые актинии с рыбами. Так, среди щупалец крупных актиний (до полуметра в диаметре) живет около десятка мелких рыбок амфиприонов (длиной 15—20 см). Клубок щупалец актиний,

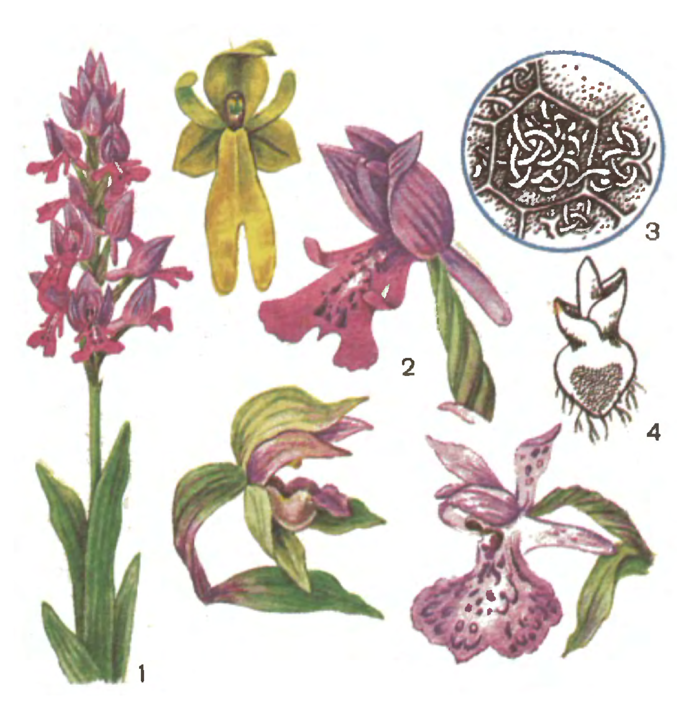
Симбиоз: *вверху* **— рыбы-прилипалы, присосавшиеся к телу черепахи;** *внизу слева* **— актинии и рыбы амфиприоны;** *внизу справа* **— морские ежи и рыбы-чистильщики.**



Схема связи мицелия гриба с корнями дерева — микоризы. Лиственничный масленок образует микоризу в основном с лиственницей. *Вверху* **— корень дерева в чехле из переплетенных гиф гриба.**

вооруженных стрекательными клетками, — надежное укрытие, которое амфиприоны покидают только для поисков пищи. Впрочем, они частично кормятся и «дома», собирая со щупалец своего защитника остатки пищи. Проплывая между щупальцами, эти рыбы трутся о них то одним боком, то другим, очищая таким образом свою кожу от вредных рачков и грибов. Актинии, в свою очередь, также подбирают остатки корма с рыбьего стола. Яркие, пестрые амфиприоны привлекают к актиниям других рыб, т. е. служат приманкой. Сами амфиприоны быстро скрываются от хищных рыб среди щупалец, а их преследователи становятся жертвами актиний.

Симбиоз орхидеи и гриба: *1* **— орхидея ятрышник;** *2* **— цветки наших северных орхидей;** *3* **— клубни гиф гриба в клетках ятрышника;** *4* **— проросток орхидеи (участок, занятый мицелием гриба, показан точками).**



Существует и такая форма симбиоза, когда один вид пользуется услугами другого, не причиняя ему при этом ощутимого вреда. Это так называемый комменсализм (от латинских слов cum — с, вместе и mensa — стол). Он занимает как бы промежуточное положение между паразитизмом и мутуализмом. Например, рыбы-прилипалы прикрепляются для передвижения к другим рыбам, морским черепахам и китам. За их счет они не питаются, а пользуются ими лишь как транспортом и покидают их, оказавшись на месте с подходящим кормом. Насытившись, прилипалы снова ищут, к кому бы прикрепиться, и опять пуститься в путь, пользуясь в дороге также и остатками пищи своих возниц.

Существует мнение, что некоторые внутриклеточные органоиды — хлоропласты и *митохондрии* появились в *клетках* из каких-то цианобактерий и аэробных *бактерий,* которые сначала превратились в постоянных симбионтов, затем стали необходимыми органоидами клеток *эукариот.*

СИНАНТРОПНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Синантропные организмы, синантропы (от греческих слов syn — вместе и anthropos — человек), — животные, растения, грибы и микроорганизмы, которые приспособились к существованию рядом с человеком.

Некоторые из них настолько тесно связаны с людьми, что не встречаются вне населенных пунктов. Среди таких животных — обыкновенный голубь, городской воробей, домовая мышь, крысы, тараканы — черный и прусак, постельный клоп. Другие синантропные животные находят на территории человеческих поселений условия более благоприятные, и их, несомненно, больше рядом с нами, чем в дикой природе. Это навозные черви, скворцы, грачи, галки, вороны, ласточки, стрижи. Суслики и хомяки, распространившиеся на полях, многие насекомые, повреждающие сельскохозяйственные растения, а также паразиты сельскохозяйственных животных — тоже своеобразные синантропные виды.

Разными путями шло приспособление этих животных к человеку. Например, многие пауки, которые жили когда-то в естественных пещерах, с появлением каменных домов нашли в них благоприятные условия, почти без всяких изменений поведения или строения стали видами-синантропами и сильно размножились. То же самое произошло, вероятно, с такими растениями, как крапива или лопух. В природе они встречались сравнительно редко, но с развитием поселений человека появилось много мест, подходящих для них, — мусорные свалки, обочины дорог и др.

У птиц произошло изменение поведения, связанное или с гнездованием в необычных условиях, как у голубей, скворцов, аистов, или с добыванием пищи. Например, синицы в некоторых городах Западной Европы научились открывать выставляемые по утрам у дверей бутылки с молоком.

Приспособление к жизни «в тени человека» активно идет и в наши дни. В больших городах Европы все чаще встречаются барсуки, каменные куницы, белки, дикие утки и гуси, совы, летучие мыши и другие виды животных. Так, например, в Копенгагене живет около 700 барсуков, а в Лондоне — несколько тысяч лисиц, частично вытеснивших бродячих кошек, в Москве гнездится множество диких уток, которые остаются и на зиму, так как в городе много не замерзающих полностью водоемов.

Обитающие с нами насекомые и растения в результате жесткого отбора на протяжении многих поколений успешно приспосабливаются к жизни в необычных условиях. Так, некоторые моли «освоили» синтетические волокна и приобрели способность прогрызать полиэтиленовую упаковку. Некоторые придорожные растения переносят такие концентрации свинца и других химических веществ, загрязняющих воздух и почву, которые вызывают гибель их собратьев, обитающих вдали от дорог. Интересный пример синантропизации — возникновение новых форм комаров, приспособленных к круглогодичной активной жизни в подвалах больших домов и в шахтах лифтов.

Особое место занимает синантропизация

Бóльшая часть аистов в Европе уже давно селится только рядом с человеком, осваивая иногда такие необычные места гнездования, как опоры электропередачи.

Скворец майна устроил себе гнездо в старом самолете на окраине аэродрома (г. Самарканд).



Лисица, поселившаяся вблизи человека, подошла почти к крыльцу дома (*слева*).
Серые мухоловки нередко селятся рядом с человеком на карнизах окон или же, как эти птицы, под крышей дома, используя для гнезда даже крепления электропроводов.







Пути формирования живой природы городов.



микроорганизмов. Среди них не только возбудители различных болезней, характерных лишь для человека, но и бактерии, которые приспособились к новой среде обитания, связанной с индустриализацией. Например, появились бактерии, способные усваивать искусственные полимеры.

СИСТЕМАТИКА

Мир живых существ насчитывает, по различным оценкам, от 1,5 до 8 млн. видов. Для описания и обозначения множества ныне обитающих на Земле, а также ископаемых растений, животных, микроорганизмов, грибов необходима определенная система.

Эти задачи выполняет раздел биологии, называемый систематикой, в него входит как составная часть и классификация организмов. Систематика опирается на данные, полученные всеми разделами биологии, и в то же время служит основой для многих биологических наук. Таким образом, важнейшее значение систематики в том, что она дает возможность ориентироваться во всем многообразии существующих и ископаемых организмов.

Попытки систематизирования (классификации) организмов были предприняты еще в античном мире Аристотелем и другими учеными древности, однако основы научной систематики были заложены лишь в конце XVII в. английским ученым Дж. Реем и развиты выдающимся шведским естествоиспытателем *К. Линнеем* в XVIII в. Все ранние системы, в том числе наиболее удачная из них система самого Линнея были искусственными, т. е. за их основу часто брали отдельные признаки, характеризующие лишь внешнее сходство (см. *Конвергенция*).

Учение *Ч. Дарвина* (см. *Эволюционное учение*) придало систематике новое, эволюционное содержание, и в дальнейшем главным направлением ее развития стало эволюционное, которое стремится наиболее полно отразить в естественной, или филогенетической, системе отношения между организмами, существующие в природе (см. *Родословное древо, Филогенез*).

Современная систематика использует для классификации и описания организмов не только частные признаки, например форму зубчиков листа растения или число лучей в спинном и других плавниках у рыб, но и различные особенности строения, экологии, поведения и т. п., характеризующие организмы. Чем полнее исследователи учитывают эти особенности, тем в большей мере сходство, выявляемое систематикой, отражает родство (общность происхождения) организмов, объединяемых в ту или иную группу (тот или иной таксон). Например, сходство летучей мыши и птицы (летающих теплокровных позвоночных) поверхностное: летучая мышь — млекопитающее, т. е. относится к другому классу. При сравнении птиц и млекопитающих с другими, более отдаленными в систематическом отношении организмами, из других типов, важны уже не различия, а общность плана их строения как позвоночных животных. Многие тропические лианы сходны между собой по ряду признаков (лазящие стебли, совпадение сроков цветения), хотя относятся к разным семействам, но и те и другие входят в класс двудольных растений.

Наиболее распространенным методом исследования в систематике остается сравнительно-морфологический, хотя современные систематики широко используют электрон-

ную микроскопию, биохимические, биофизические и другие методы. Изучение тонкой структуры хромосом привело к возникновению кариосистематики, а использование биохимических данных — к развитию хемосистематики. Сравнительное изучение белков, ДНК и РНК у разных групп организмов позволяет дополнять и уточнять их систематические характеристики и взаимоотношения. Этими проблемами занимается еще одна современная отрасль систематики — геносистематика.

Изучение строения и развития любого живого объекта требует знания его положения относительно других организмов, а также их филогенетических отношений. Все большее значение приобретает изучение популяционной структуры вида. Знание ее незаменимо при проведении экологических, биогеографических и генетических исследований, поскольку во время таких работ в поле зрения исследователя находится много видов, принадлежащих к самым различным *популяциям.* Систематика ископаемых животных и растений тесно связана с палеонтологией. Знание систематики позволяет выявлять редкие и исчезающие виды животных и растений, поэтому она имеет большое значение для решения чрезвычайно важной проблемы — охраны живой природы. Главнейшая задача систематики — создание такой системы органического мира, которая бы наиболее полно отражала взаимоотношения между организмами.

КАРЛ ЛИННЕЙ (1707—1778)



Путь, который привел шведского натуралиста Карла Линнея к мировой славе, был долгим и нелегким.

Он окончил университет в Упсале, где в студенческие годы занимался любимым делом — собирал гербарий и стремился разобраться во всем многообразии цветков, особенно в числе и расположении их тычинок и пестиков. В 1732 г. Линней совершил путешествие, исследуя природу Лапландии — северной части Скандинавского полуострова, и написал большой труд «Флора Лапландии». Еще студентом и позже, уже будучи врачом, Линней пытался систематизировать все многообразие органического мира.

В 1735 г. вышел главный труд Линнея «Система природы», где впервые были классифицированы три выделяемых им царства: растения, животные и минералы. Еще при жизни Линнея он выдержал 12 изданий.

В основу классификации высших растений Линней положил число, величину и расположение тычинок и пестиков цветка, а также одно-, дву- или многодомность растений. Растения он разбил на 24 класса, 13 из них определяются числом тычинок, 7 — их расположением и длиной, затем следуют классы однополых, обоеполых и тайнобрачных растений. Главное в этой системе — органы размножения. Впервые виды получили четкие характеристики и названия.

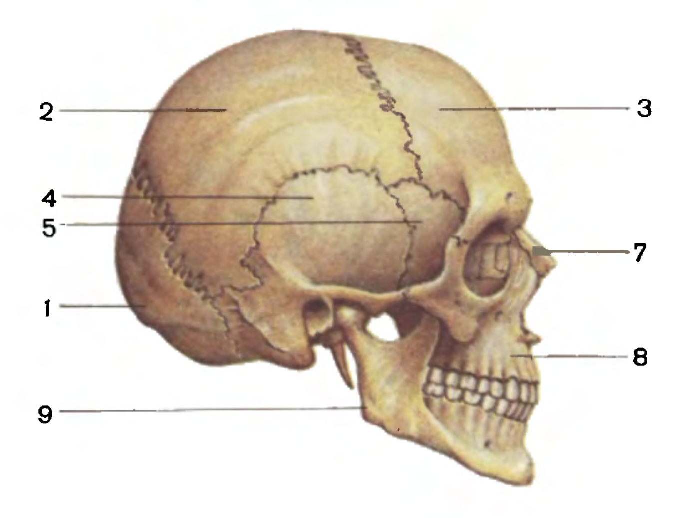
Одна из главных заслуг Линнея в том, что он ввел в употребление так называемую бинарную номенклатуру, по которой каждый вид растения и животного обозначался двумя латинскими названиями — родовым и видовым. Например, смородина черная — Ribes nigrum L. (буква L означает, что вид впервые был описан Линнеем). Он установил четкое соподчинение между систематическими категориями: классом, семейством, родом, видом. Однако классификация Линнея была искусственной, так как основывалась на небольшом числе произвольно взятых признаков и, как правило, не отражала родства между близкими формами.

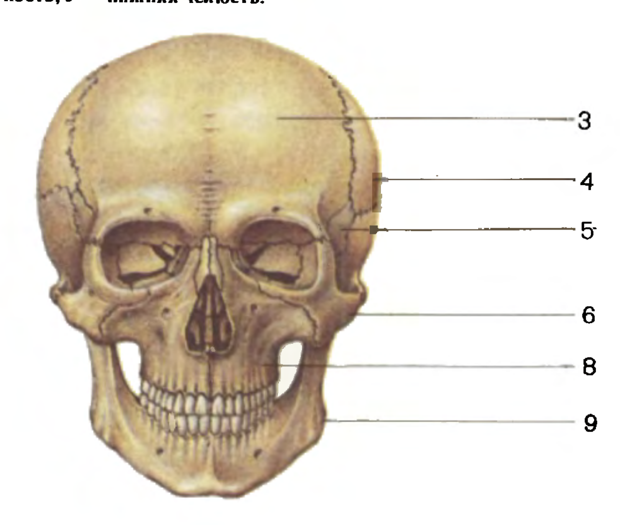
Система классификации животного мира у Линнея тоже была искусственной. Всех животных он разделил на 6 классов: млекопитающие, птицы, амфибии, рыбы, черви и насекомые. К червям были отнесены и инфузории, и амебы, и коловратки — все организмы, которым не нашлось более подходящего места. Очень важно то, что Линней выделил высший класс животных — млекопитающих, к которому отнес животных, имеющих молочные железы. Сюда он включил и человека, отнеся его к отряду приматов.

Почти всю жизнь Линней считал, что число видов постоянно со времени их сотворения, и полагал, что задача систематики — раскрытие порядка в природе, установленного творцом. Лишь в последних изданиях «Системы природы» он допускал естественное происхождение некоторых близких видов в пределах одного рода.

Созданная Линнеем система растительного и животного мира завершила огромный труд ботаников и зоологов первой половины XVIII в., накопивших обширный ботанический и зоологический материал. В этом огромная заслуга ученого.

Рис. 1. Лицевой и мозговой отделы черепа: *1* — затылочная кость; *2* — теменная кость; *3* — лобная кость; *4* — височная кость; *5* — клиновидная кость; *6* — скуловая кость; *7* — носовая кость; *8* — верхнечелюстная кость; *9* — нижняя челюсть.





Оказалось, что различия между *прокариотами* и *эукариотами* глубже, чем, например, между высшими животными и высшими растениями (те и другие — эукариоты). Прокариоты образуют в системе органического мира резко обособленную группу, которой придают ранг надцарства. В нее входят *бактерии*, в том числе цианобактерии и архебактерии (некоторые систематики разделяют прокариот на два самостоятельных надцарства — эубактерий и архебактерий).

Грибы выделены в отдельное царство. Окончательно пока не решен вопрос о том, к какому из двух основных царств эукариот ближе стоят грибы, поскольку группа эта разнородная.

Царства делят на подцарства, последние — на типы (у растений, бактерий и грибов — отделы). Типы (отделы) состоят из классов, классы — из отрядов (порядков). Отряды в свою очередь делят на семейства, состоящие из родов. Роды состоят из видов. Иногда выделяют в видах подвиды, но основной таксономической категорией является вид.

Для удобства (с практической точки зрения) основные таксономические категории часто дробят. Так, типы делят на подтипы, классы — на подклассы и т. д. Иногда основные категории укрупняют (надтипы, надклассы и т. д.).

Филогенетические схемы, изображающие систему органического мира, различны и зависят от точки зрения ученых, работающих в области систематики.

СКЕЛЕТ

Скелет — это совокупность твердых образований в организме животных и человека, выполняющих опорную и защитную функции. Роль скелета могут выполнять структуры, состоящие из кости, хряща, кератина (панцирь черепахи), хитина, известковых образований и др.

Кость — это комплекс соединительных *тканей,* состоящих из *клеток* и плотного межклеточного вещества, которое содержит соли кальция и *белки* (главным образом коллаген) и обеспечивает твердость и эластичность кости. Вместе с суставами, связками и мышцами, прикрепленными к кости, скелет образует опорно-двигательный аппарат, или аппарат движения (рис. 1, 2, 3).

Снаружи кости кроме их суставных поверхностей покрывает надкостница. Это тонкая соединительнотканная оболочка, богатая кровеносными сосудами и нервами. Внутренний слой надкостницы состоит из клеток, которые растут, размножаются, что обеспечивает рост кости в толщину и ее регенерацию при переломах. За счет кровеносных сосудов происходит питание клеток кости.

Клетки кости — остеоциты и остеобласты — участвуют в построении костной ткани. Кости взрослого человека в большинстве построены из пластинчатой костной ткани, которая обра-

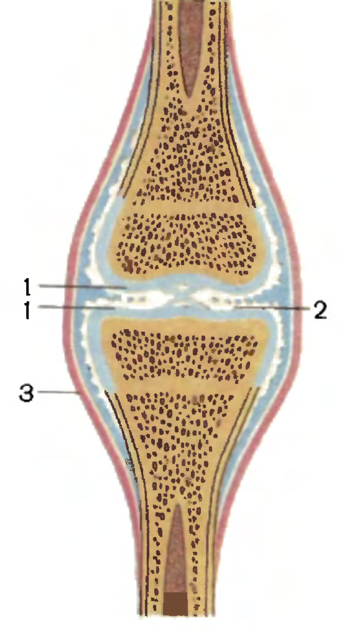
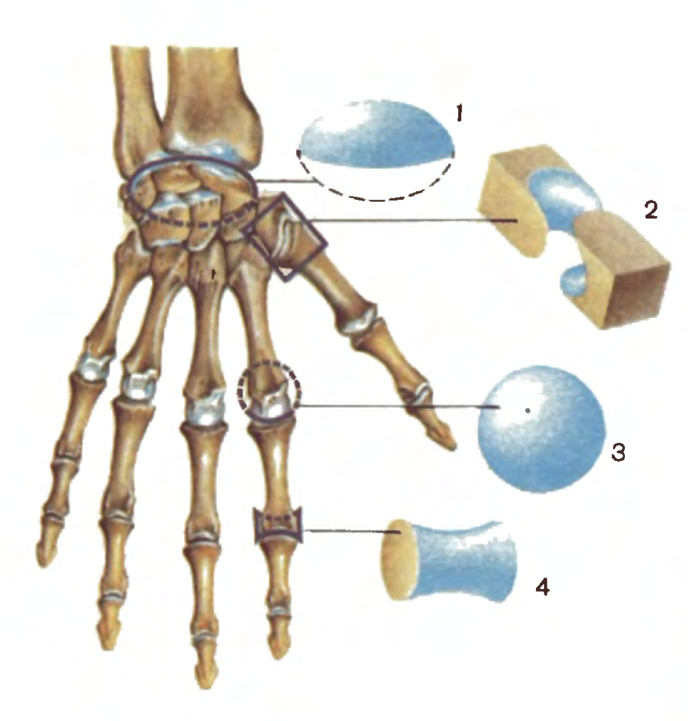


Рис. 2. Коленный сустав человека: *1* — суставные поверхности; *2* — суставная полость; *3* — суставная капсула.

Рис. 3. Формы суставов: *1* — эллипсовидная (лучезапястный сустав); *2* — седловидная (запястно-пястный сустав); *3* — шаровидная (пястно-фаланговый сустав); *4* — блоковидная (межфаланговый сустав).

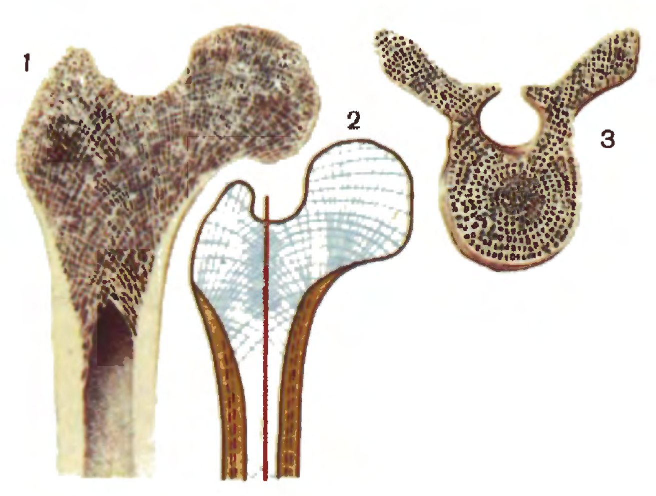


костный мозг, являющийся органом кроветворения.

Кость содержит 30% органических веществ (в основном коллаген и особые полисахариды), 60% минеральных веществ (кальций, магний, фосфаты) и 10% воды.

В процессе *эволюции* скелет животных претерпел ряд изменений (рис. 7). Сначала он был наружным — это кутикула червей, известковые раковины некоторых беспозвоночных (радиолярий, фораминифер), хитиновый покров у насекомых и ракообразных. У позво-

Рис. 6. Строение кости: *1* — продольный срез бедренной кости; видно губчатое вещество эпифазы; *2* — схема расположения костных пластинок губчатого вещества эпифиза бедренной кости; *3* — горизонтальный распил грудного позвонка.



зует остеоны, или гаверсовы системы (рис. 4). Остеон состоит из концентрически расположенных пластинок костной ткани. В центре его проходит канал, содержащий кровеносные сосуды и нервы. Остеоны располагаются не хаотично, а в соответствии с действующими на кость физическими нагрузками: в трубчатых костях — параллельно продольной оси кости, в губчатых — перпендикулярно силам сжатия и растяжения (рис. 5, 6). В губчатом веществе кости и в полости трубчатых костей находится

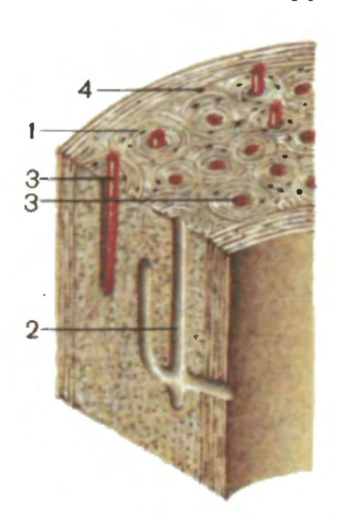


Рис. 4. Строение пластинчатой костной ткани: *1* — остеон; *2* — гаверсов канал; *3* — кровеносные сосуды; *4* — костные пластинки.

Рис. 5. Типы костей: *1* — губчатая; *2* — трубчатая.

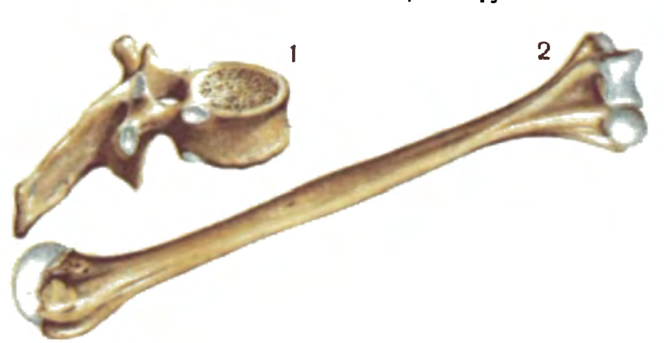


Рис. 7. Эволюция скелета позвоночных животных: *1* — рыбы; *2* — земноводные; *3* — пресмыкающиеся; *4* — млекопитающие.

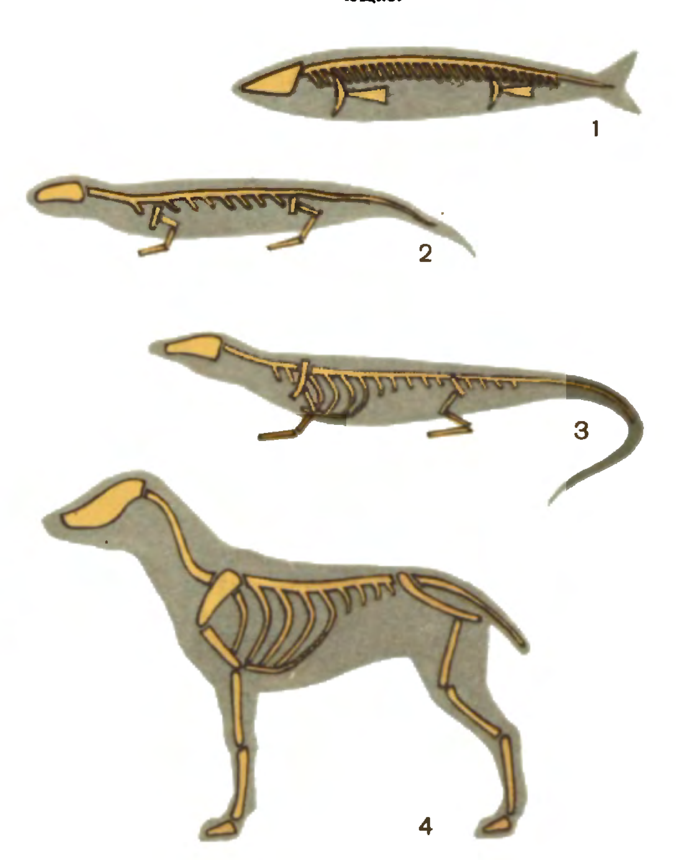
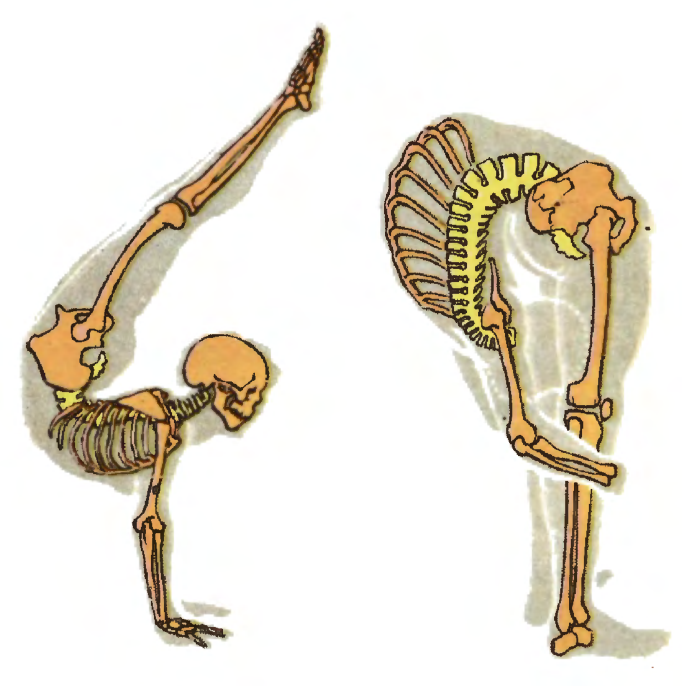


Рис. 8. Возможная степень разгибания позвоночника человека.



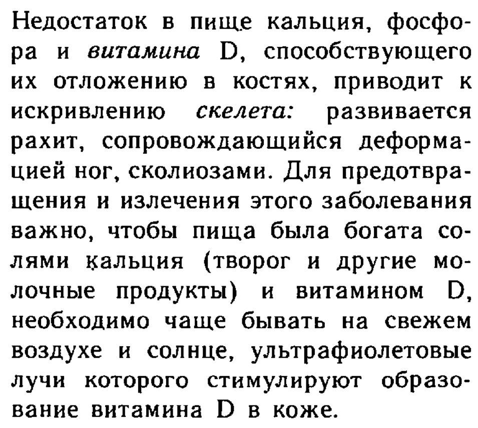
ночных он становится внутренним, и в связи с этим изменяется его материал — перепончатый скелет представлен хордой, состоящей из соединительной ткани (у ланцетника); хрящевой скелет образует хрящевая ткань (у акул, круглоротых, осетровых); костный скелет представлен в основном костной тканью (у остальных позвоночных — от костистых рыб до млекопитающих).

Развитие скелета в организме человека протекает постепенно, проходя три стадии. В период внутриутробного развития скелет закладывается в виде длинного плотного тяжа и называется спинной струной или хордой. Эту стадию называют перепончатой. Затем хорда вытесняется хрящевой тканью позвонков и происходит формирование хрящевых моделей будущих костей. Но для интенсивного развития мышц необходима более твердая опора. Поэтому с третьего месяца внутриутробного развития начинает формироваться костный скелет. Кости обычно являются рычагами, с помощью которых совершаются разнообразные движения тела и его частей в пространстве (рис. 9, 10, 11).

Процесс окостенения скелета у человека протекает в течение всего периода развития организма. Окостенение позвоночника у мужчин заканчивается к 20—21 году, у женщин — к 18—20 годам.

Масса скелета у новорожденного составляет

ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ПРАВИЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СКЕЛЕТА





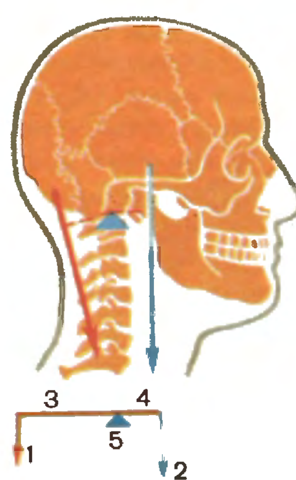
Недостаток в пище кальция, фосфора и *витамина* D, способствующего их отложению в костях, приводит к искривлению *скелета:* развивается рахит, сопровождающийся деформацией ног, сколиозами. Для предотвращения и излечения этого заболевания важно, чтобы пища была богата солями кальция (творог и другие молочные продукты) и витамином D, необходимо чаще бывать на свежем воздухе и солнце, ультрафиолетовые лучи которого стимулируют образование витамина D в коже.

При малоподвижном образе жизни истончается плотное вещество костей, редкими и рыхлыми делаются балки губчатого вещества, уменьшаются поверхности гребней, выступов и шероховатостей костей — мест прикрепления мышц и прочность их соединения, менее эластичными становятся хрящи, связки, сухожилия, менее гладкими суставные хрящи головок костей. Вследствие этого движения становятся более скованными, чаще происходят повреждения скелета. Поэтому необходимо систематически заниматься физическим трудом, физкультурой и спортом, туризмом, вести активный образ жизни.

Опасны чрезмерные физические нагрузки, вызывающие деформацию хрящей, суставов, костей, различные искривления скелета, распрямление сводов стопы — плоскостопие, сопровождающееся болями в ногах при ходьбе и стоянии. Чтобы избежать подобных нарушений, нужно не допускать перегрузок, закаливать организм физическими тренировками с постепенным увеличением нагрузки.

Вредно сказываются на функционировании организма нарушения осанки, затрудняющие работу внутренних органов, смещающие центр тяжести тела, уменьшающие устойчивость организма и увеличивающие число травм. Чтобы выработать и сохранить правильную осанку, необходимо следить за позой при труде и отдыхе, не носить тесную одежду, обувь, туфли с очень высокими каблуками, устранять упражнениями возникшие недостатки.

Запомните несколько советов, как предупредить повреждения скелета. Приземляться, например, при прыжках надо на носки, благодаря чему тело больше пружинит и реже возникают травмы скелета и сотрясения головного мозга. При падении необходимо стремиться встать на ноги, а если это невозможно, нужно согнуть ноги в коленях, вжать в них голову и защитить ее руками.



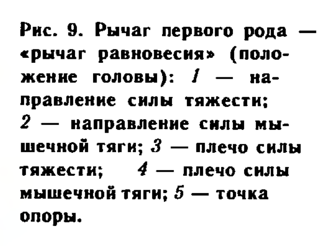

Рис. 9. Рычаг первого рода — «рычаг равновесия» (положение головы): *1* — направление силы тяжести; *2* — направление силы мышечной тяги; *3* — плечо силы тяжести; *4* — плечо силы мышечной тяги; *5* — точка опоры.

Рис. 12. Формирование изгибов позвоночника у ребенка: *1* — шейный лордоз (изгиб вперед); *2* — грудной кифоз (изгиб назад); *3* — поясничный лордоз.

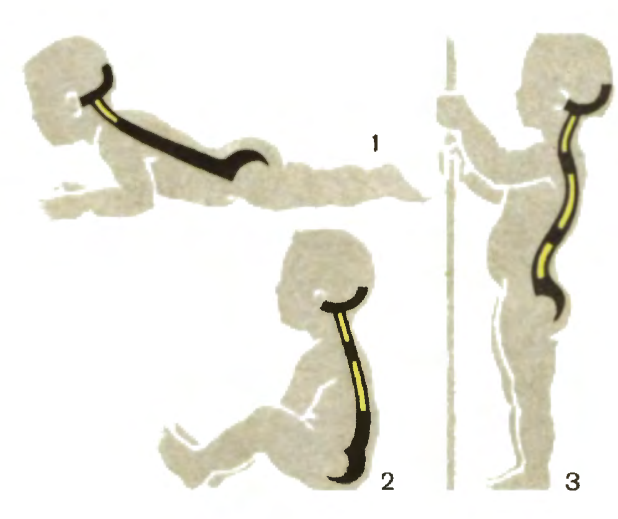
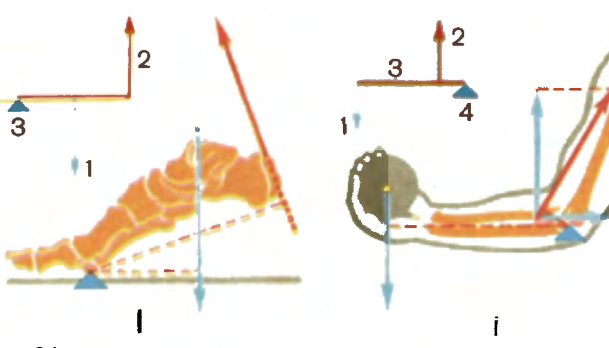


Рис. 10. Рычаг второго рода — «рычаг силы» (стопа): *1* — направление силы тяжести; *2* — направление силы тяги трехглавой мышцы голени; *3* — точка опоры

Рис. 11. Рычаг третьего рода — «рычаг скорости» (предплечье): *1* — направление силы тяжести; *2* — направление мышечной силы тяги; *3* — плечо силы тяжести; *4* — положение поперечной оси локтевого сустава.



11% от массы тела, по мере *роста* масса скелета постепенно увеличивается и у взрослого человека достигает 20% массы тела. В скелете взрослого человека насчитывают 206 костей.

Функциональные свойства костей под влиянием физических нагрузок изменяются. Эти изменения сводятся к увеличению компактного слоя кости в местах наибольшей нагрузки, костные перекладины утолщаются, губчатое вещество становится более крупноячеистым.

Гибкий, еще не окостеневший позвоночник детей легко искривляется, может возникать патологическая осанка (рис. 12, 13). Обычно этому способствует мягкая постель, неправильное ношение портфеля, неправильно подобранная школьная мебель. При плоской грудной клетке положение позвоночника неправильное, что ведет к нарушению деятельности органов грудной полости. Поэтому соблю-

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ, НОРМАЛЬНА ЛИ ВАША ОСАНКА, НЕ СТРАДАЕТЕ ЛИ ВЫ ПЛОСКОСТОПИЕМ



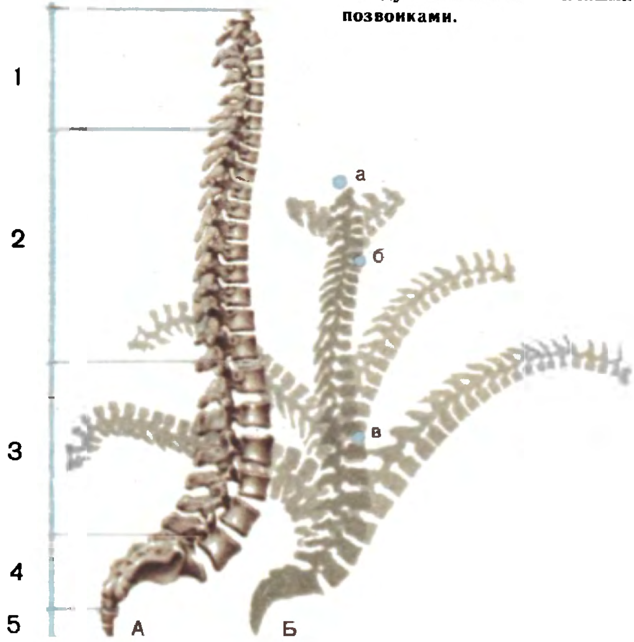
Встаньте против зеркала и определите, прямое ли положение занимает голова; одинаковы ли очертания шейно-плечевой линии с обеих сторон; симметричны ли треугольники талии.

Подойдите к стене и встаньте так, чтобы пятки, икры ног, ягодицы и спина плотно прилегали к ней. Теперь нужно проверить прогиб поясничного и шейного отдела позвоночника. При правильной осанке глубина этих прогибов одинаковая: у старших школьников 4—5 см.

Раскройте старую ненужную тетрадь и положите ее на голову так, чтобы страницы симметрично свисали слева и справа. Попробуйте походить по комнате, сделать несколько приседаний с тетрадью на голове. В тот момент, когда осанка окажется нарушенной, тетрадь свалится. Включите это упражнение в вашу утреннюю зарядку. В дальнейшем это упражнение можно проделывать с шайбой, а потом с теннисным мячиком на голове.

Чтобы определить, страдает ли человек плоскостопием, достаточно рассмотреть след, оставляемый его ногой. Если след от пятки и плюсны соединяется тонкой перемычкой, плоскостопия нет. Если же отпечатывается вся ступня, можно предположить плоскостопие. В далеко зашедших случаях большой палец отклоняется в сторону мизинца. Остальные пальцы деформированы. Чтобы предупредить плоскостопие, полезно ходить босиком, плавать, сгребать ногой песок в кучку и совершать другие движения, которые раздражают подошву ступни. Эти упражнения рефлекторно вызывают напряжение мышц, поддерживающих свод ступни, и мышцы укрепляются путем тренировки.

Рис. 13. *А* — отделы позвоночника человека: *1* — шейный; *2* — грудной, *3* — поясничный; *4* — крестцовый; *5* — копчиковый. *В* — точки наибольшей гибкости позвоночника: *а* — затылочно-позвоночное соединение; *б* — соединение между 1-м грудным и 7-м шейным позвонками; *в* — соединение между 1-м и 3-м поясничными позвонками.



дение гигиенических рекомендаций врачей и занятия физкультурой важны и для правильного развития скелета (см. *Гигиена школьника*).

СОН

Сон — периодически наступающее физиологическое состояние у позвоночных животных и человека, характеризующееся почти полным отсутствием реакций на внешние раздражения, уменьшением активности ряда физиологических процессов. Новейшие исследования показали, что во время сна работа мозга существенно перестраивается: многие нейроны, в состоянии бодрствования находившиеся в возбужденном состоянии, затормаживаются, другие же, пассивные в состоянии бодрствования, возбуждаются.

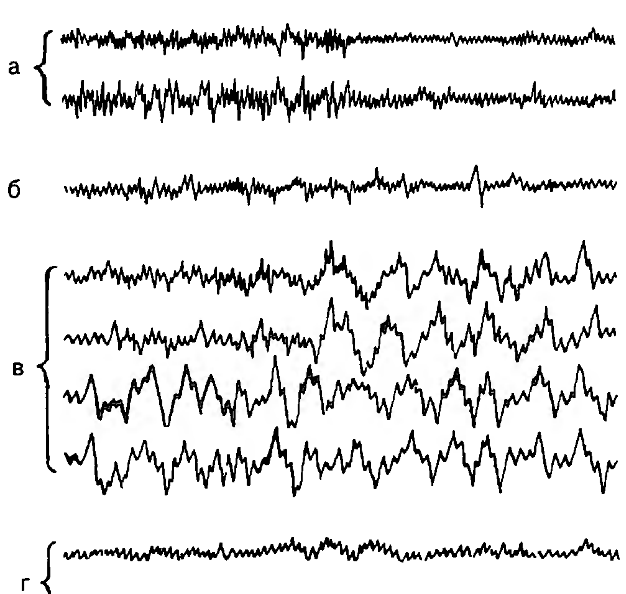
Большие успехи в изучении сна были достигнуты с помощью электроэнцефалографа. Этот прибор улавливает колебания электрических потенциалов мозга и изображает их в виде графика — электроэнцефалограммы (ЭЭГ). При изучении ЭЭГ было установлено, что сон — сложное явление и включает несколько различных фаз, периодически сменяющих друг друга. О том, как происходит засыпание и как работает мозг во сне, можно судить по электроэнцефалограмме (см. рис.)

ЭЭГ бодрствующего человека характеризуется быстрыми колебаниями с малой амплитудой. При засыпании электрическая активность становится более редкой, появляются пики, похожие на веретена. Это включаются в работу нервные центры, вызывающие сон. Они находятся в промежуточном мозге. Обычно человек в этой фазе засыпания находится в полудремотном состоянии. Сновидений нет, но проявляется активность внутренней речи: человек вспоминает события, происшедшие за день, обдумывает проблемы, которые его волнуют. Постепенно сон становится глубже, сознание отключается, под опущенными веками зрачки сужаются. В этот период сновидений обычно не бывает. Электроэнцефалограф вычерчивает кривую, показывающую, что появляются редкие, но довольно высокие по амплитуде кривые, связанные с работой подкорковых центров. Этот период называют медленным сном.

Через некоторое время это состояние прекращается. Прибор регистрирует быстрые волны, напоминающие активность мозга бодрствующего человека. При этом начинают двигаться закрытые глаза, спящий нередко бормочет, производит какие-то движения. Если его разбудить, он сообщит о сновидении и даже сможет рассказать его содержание. Этот период сна называется быстрым сном.

Медленный и быстрый сон чередуются несколько раз. Быстрый сон встречается не только у человека, но и у многих высших животных. Чем моложе организм, тем больше времени приходится на быстрый сон. Предполагают, что во время быстрого сна мозг перерабатывает информацию, полученную за день. Отсутствие нервных импульсов от *органов чувств* делает эту работу более производительной. Некоторые физиологи полагают, что благодаря этой деятельности мозга мы утром часто решаем задачу, которую никак не могли ре-

Электроэнцефалограмма мозга человека: *а* — в состоянии бодрствования; *б* — в состоянии засыпания; *в* — в состоянии медленного сна; *г* — в состоянии быстрого сна.



Природа сновидений пока еще полностью не разгадана.



шить вечером. Иногда это происходит не только утром, но и во время сна. В период быстрого сна события обычно запоминаются на длительное время. По мнению ряда ученых, быстрый сон связан со сторожевой функцией, поскольку он обнаружен не только у взрослых диких млекопитающих, но и у их детенышей, которым угрожают хищники. Испытуемые, которых постоянно будили в период быстрого сна, не высыпались, у них появлялись нервные расстройства.

Окончательных представлений о биологической роли сна, о механизмах, его вызывающих, пока нет. Существуют некоторые данные о «веществах сна», но и они не общепризнаны.

Природа сновидений полностью не разгадана. Существует много гипотез, пытающихся объяснить, почему нам снятся то приятные, то тревожные, а иногда и устрашающие сновидения. Одни люди никогда не помнят, что им приснилось, а другие надолго запоминают свои сновидения. Они представляются яркими, цветными, а не черно-белыми, как у большинства людей.

Некоторые суеверные люди считают, что сны могут предсказывать судьбу. Это, конечно, не так, хотя в снах могут отражаться наши реальные впечатления и мысли.

Всякое нарушение сна отрицательно влияет на здоровье человека. Соблюдение режима, двигательная активность, правильное питание помогают человеку наладить здоровый сон (см. *Гигиена школьника*).

СПОРЫ

Споры (от греческого слова spora — посев, семя) — обычно одноклеточные микроскопические зачатки организмов, служащие для их размножения и сохранения при неблагоприятных условиях. Многие споры имеют стойкие оболочки и более или менее длительное время сохраняют способность к прорастанию.

По способу возникновения и месту в циклах развития растений (см. *Чередование поколений*) споры делят на три группы: образующиеся при слиянии *гамет* диплоидные зиготы, например ооспоры зеленых водорослей; обычно гаплоидные митоспоры, возникающие при митотических делениях (см. *Митоз*) протопластов одноклеточных спорангиев (четырехжгутиковые зооспоры улотрикса); гаплоидные мейоспоры, образующиеся в результате *мейоза*.

Высшие растения образуют только мейоспоры, которые возникают в многоклеточных спорангиях. Споры дают начало гаметофитам, преобладающим в циклах развития мохообразных, а у остальных высших растений занимающим подчиненное положение (за́ростки). Споры мохо- и папоротникообразных высеиваются из спорангиев. У равноспоровых папоротникообразных споры морфологически и физиологически одинаковы; из них развиваются обоеполые заростки. У разноспоровых папоротникообразных и семенных растений образуются мелкие споры (микроспоры) и крупные (мегаспоры). Из микроспор развиваются мужские заростки, из мегаспор — женские.

У семенных растений споры не высеиваются, а развиваются в заростки внутри спорангиев. В микроспорангиях из микроспор начинают развитие высеивающиеся затем мужские заростки — пыльцевые зерна, а в мегаспорангиях из мегаспор развиваются женские заростки: первичный эндосперм (у голосеменных) и зародышевый мешок (у покрытосеменных), вообще не покидающие мегаспорангиев.

Споры наземных грибов служат для распространения и размножения этих организмов, у актиномицетов такую же роль играют конидии.

У *бактерий* споры образуются внутри материнской *клетки* и служат не для *размножения*, а лишь для переживания неблагоприятных условий. Споры многих бактерий устойчивы к облучению, способны переносить глубокий вакуум, высокую температуру, радиационные, химические, ферментативные воздействия. Спора остается в глубоком покое до тех пор, пока внешние воздействия (обычно это благоприятные условия для жизни бактерий) не вызовут ее прорастания.

СПЯЧКА

Спячка — это резкое снижение активности у некоторых млекопитающих и других животных в неблагоприятные для жизнедеятельности периоды года, сопровождаемое изменением *обмена веществ*.

Различают летнюю и зимнюю спячку. Летняя спячка характерна для многих пустынных и полупустынных грызунов (сурки, суслики) и некоторых рептилий (ящерицы), которые благодаря этому могут благополучно переживать самое засушливое и голодное время. Зимняя спячка характерна для некоторых грызунов, насекомоядных (ежей), а также для бурого медведя. В самую продолжительную спячку — до 8 мес погружаются полупустынные животные — сурки, прыткая ящерица. У них после жаркого и сухого лета летняя спячка может перейти в зимнюю. Зимняя и летняя спячка садовой сони может превышать 9 мес в году.

Обычно перед наступлением спячки животные усиленно питаются и накапливают в организме энергетические резервы, позволяющие при резком снижении жизнедеятельности благополучно существовать длительное время без питания. Спячка проходит обычно в специальных убежищах (норах, логовах, глубоких расщелинах), где меньше сказываются резкие колебания температуры и влажности и создается благоприятный микроклимат. Во время спячки у животных замедляется частота сердцебиения (у суслика — до 7—10 в 1 мин при норме 200—400 в 1 мин), дыхание становится редким и менее регулярным, может значительно снижаться температура тела (у того же суслика — с 30 до 6°С, но у медведя температура тела сохраняется близкой к нормальной). В последнее время в крови и мозгу впавших в спячку животных обнаруживают вещества (*пептиды*), которые, как полагают, ответственны за это состояние.

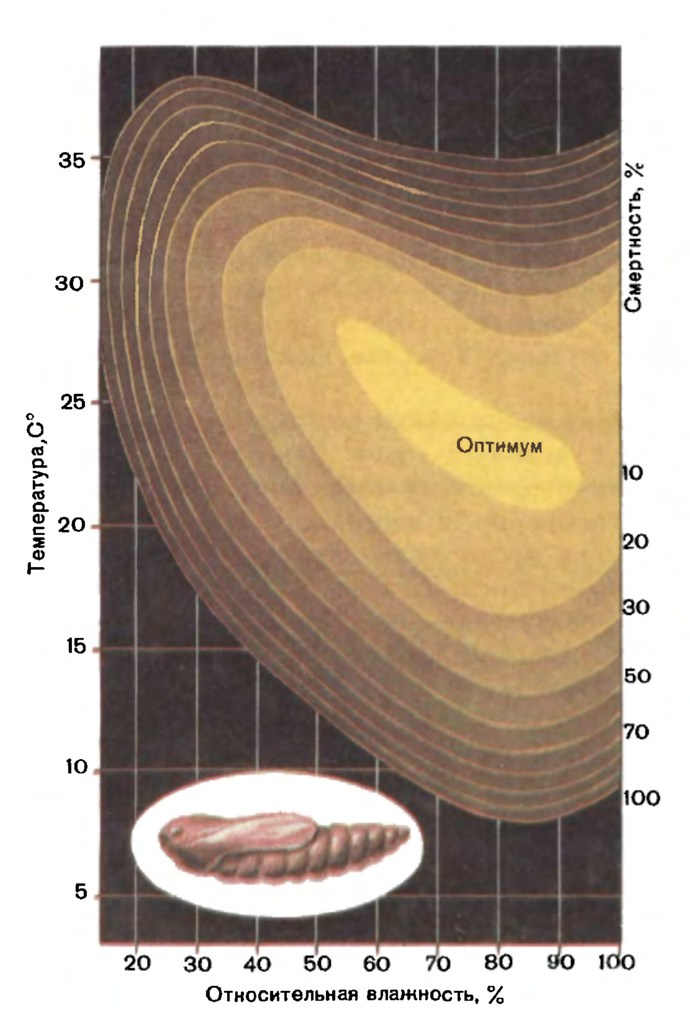
В отличие от состояния *анабиоза* животные во время спячки не впадают в полное оцепенение, способны проснуться, сменить убежище и снова заснуть. В регуляции физиологических процессов спячки важную роль играют гипоталамус и железы внутренней секреции. Интересно, что во время спячки резко повышается устойчивость животных к действию разных ядов и болезнетворных микроорганизмов.

СРЕДА ОБИТАНИЯ

Все, что окружает живые организмы, называется средой их обитания. Любая особь каждого вида испытывает определенное влияние факторов этой среды. Среди них можно выделить абиотические факторы, которые не связаны с жизнедеятельностью организмов (свет, температура, влажность и т. п.), и биотические факторы, связанные с жизнедеятельностью других живых организмов. Некоторые низкоорганизованные животные и все растения попадают в свою среду обитания пассивно и выживают, если они к ней приспособлены. Большинство же животных активно выбирают подходящую им среду или даже иногда сами ее создают (например, бобры строят плотины для повышения уровня воды).

Все чаще говорят об антропогенной среде обитания — условиях, намеренно или ненамеренно измененных деятельностью человека. В последние десятилетия в связи с бурным развитием техники, ростом численности человечества, его хозяйственной деятельностью вся *биосфера* Земли оказывается в той или иной степени подверженной нашему влиянию, т. е. представляет собой антропогенную среду обитания. Так, в результате переноса в атмосфере некоторые вещества (например, ДДТ и его производные, полихлорбифенилы) об-

Зависимость продолжительности жизни куколки яблонёвой плодожорки от условий среды обитания — влажности и температуры — в экстремальных условиях. Смертность ничтожна при относительной влажности около 70% и температуре 24° С. Концентрические линии на этом графике, или экограмме, соединяют точки с одинаковой продолжительностью развития куколки.



наруживают во всех уголках Земли, в том числе в Антарктике и у Северного полюса. Поэтому важно охранять от загрязнения воздух, водоемы и почву (см. *Охрана природы*).

От абиотических факторов во многом зависит распределение на Земле животных, растений и других организмов.

Наука, изучающая связи живых организмов со средой обитания, называется экологией. Слово «экология» (от греческих слов oikos — жилище, местопребывание и logos — наука) впервые предложил немецкий ученый Э. Геккель в 1866 г. Сейчас под этим названием все чаще понимают гораздо более широкую область науки, относящуюся не только к природе, но и к человеческому обществу, потому что вскрытые экологические закономерности оказались всеобщими, не только биологическими. Одна из основных общих задач экологии — изучение структуры и жизни экосистем, природных и созданных человеком (см. *Экосистема и биогеоценоз*).

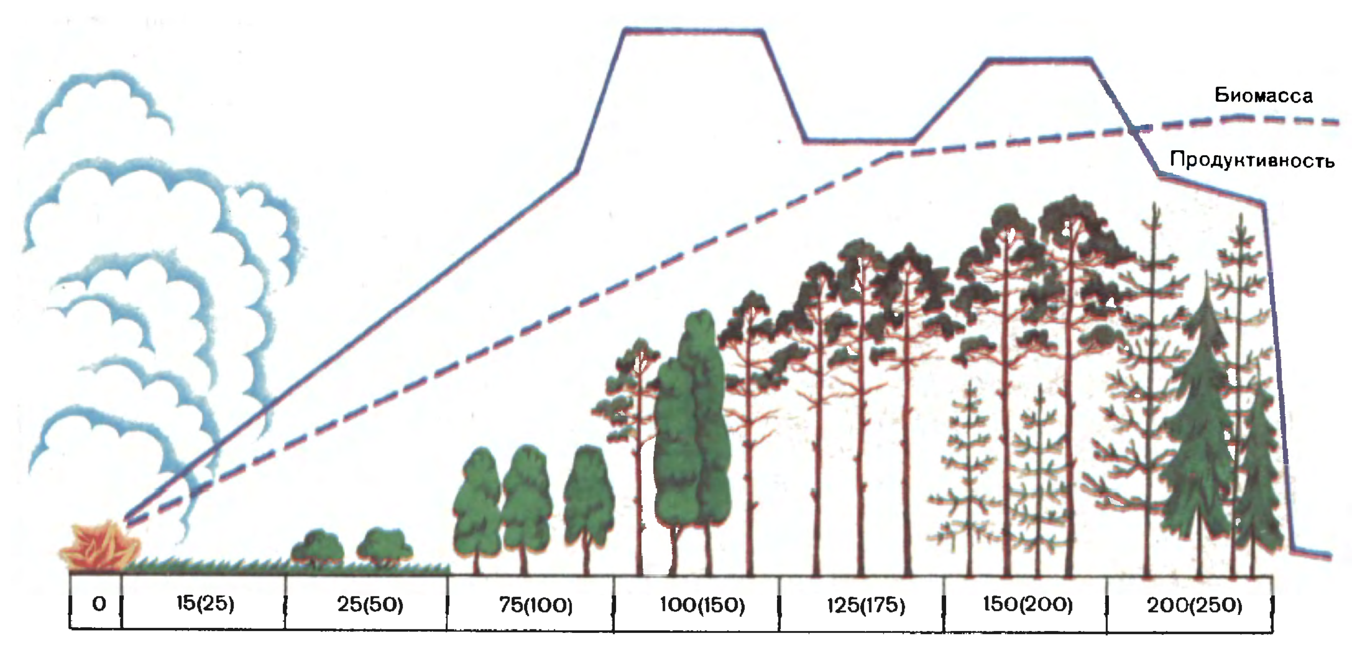
СУКЦЕССИЯ

Сукцессия (от латинского слова successio — преемственность, наследование) — характерная для всех экосистем последовательная смена одних сообществ организмов другими на определенном участке среды.

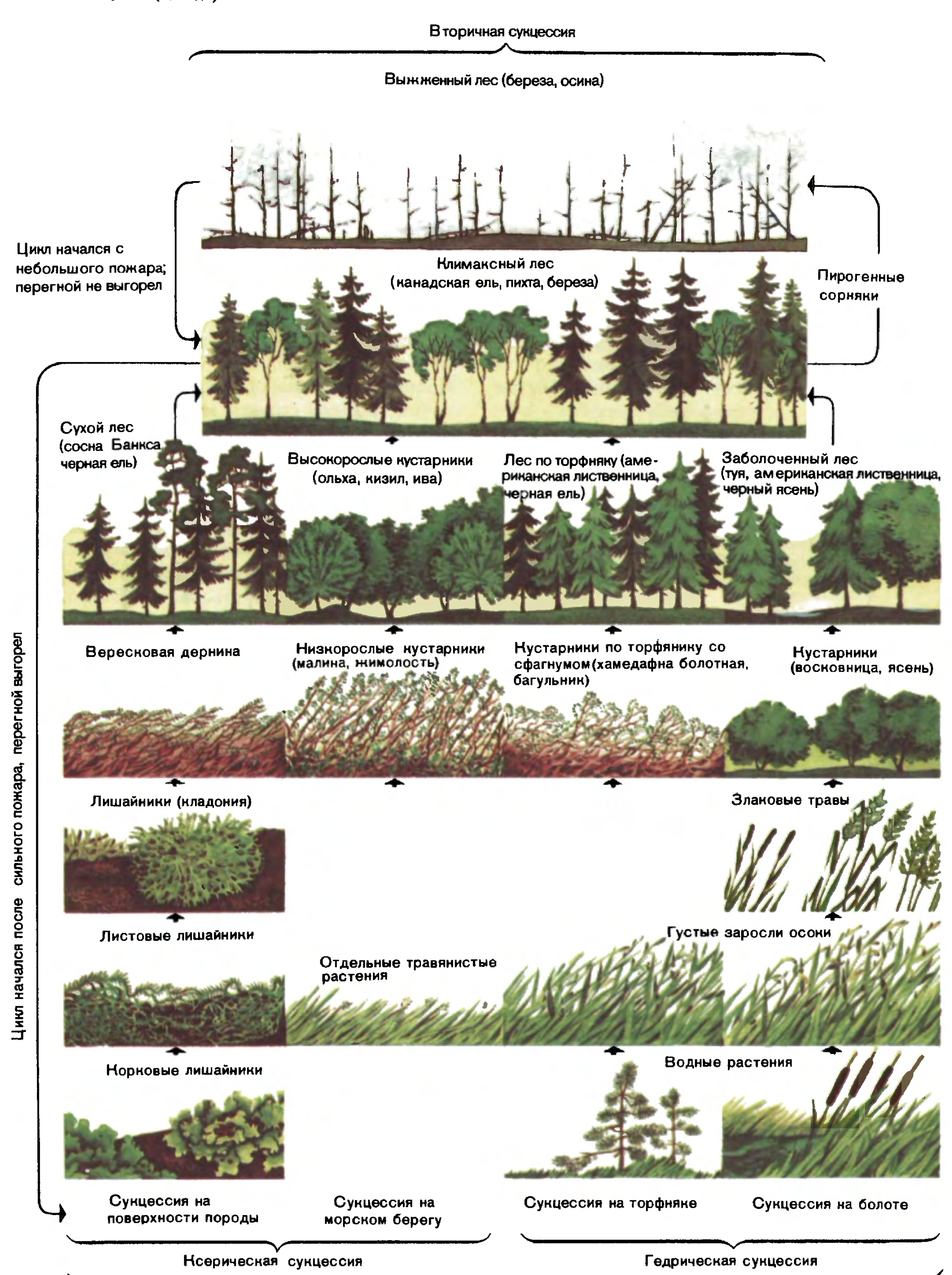
Если экосистема развивается на местах, прежде ненаселенных (на новых песчаных дюнах, застывших потоках лавы, породах, обнажившихся в результате отступления ледников, и т. п.), — это первичная сукцессия. Если экосистема восстанавливается после разрушения (пожара в лесу, на заброшенных сельскохозяйственных угодьях и т. п) — это вторичная сукцессия. Пример первичной сукцессии — заселение острова Кракатау (Индонезия) после извержения вулкана, покрывшего часть острова слоем пепла толщиной до 60 м. Через год здесь обитало несколько видов травянистых растений и один вид пауков, через 25 лет — уже 202 вида животных, через 36 лет — 621 вид, а через 51 год здесь в настоящем молодом лесу обитало 880 видов животных.

Пройдя различные фазы развития (сукцессионный ряд, или серию), экосистема вступает в фазу климакса, образуя более или менее стабильное сообщество, которое может сохраняться неопределенно долго. Некоторые биогеоценозы (см. *Экосистема и биогеоценоз*) средней полосы нашей страны существуют, судя по анализу ископаемой пыльцы растений, десятки тысяч лет. Типичные тундровые биогеоценозы, а также биогеоценозы тайги, ковыльной степи — климаксные сообщества, в них сложились равновесные отношения между *автотрофами* и *гетеротрофами*, продуцентами и консументами разного уровня (см. *Пищевые цепи*). Вывести их из климаксного состояния может лишь изменение климата или какие-то антропогенные (вызванные человеком) воздействия, например уничтожение какого-либо вида животных или растений, расселение нового вида.

Схема показывает сукцессию сибирской кедрово-пихтовой тайги после опустошительного лесного пожара. *Слева направо* сменяют друг друга фазы: нулевая, луга, зарастания кустарниками, березового или осинового леса, смешанного сосново-лиственного леса, соснового леса, сосново-кедрового леса, кедрово-пихтового леса. Числа в прямоугольниках показывают колебания длительности прохождения фаз (указаны сроки их окончания). Биомасса и продуктивность даны в произвольном масштабе.



Сукцессия растительного покрова после пожара в районе озера Верхнее (Канада).



Т

ТАКСИСЫ

Направленные движения одноклеточных организмов, а также отдельных *клеток,* входящих в состав многоклеточных организмов, и внутриклеточных частей под влиянием различных факторов (раздражителей) называют таксисами (от греческого слова taxis — порядок, расположение).

Эти движения могут быть как по направлению к раздражителю — положительный таксис, так и от него — отрицательный. Те раздражители, которые привлекают к себе, называются аттрактантами (от латинского слова attraxo — притягиваю), а раздражители, от которых отдаляются, — репеллентами (от латинского слова repello — отталкиваю, отгоняю). Различают и движения, не ориентированные по отношению к источнику раздражения.

Если раздражителем является свет, то движение носит название фототаксис, если химическое вещество — хемотаксис, температура — термотаксис, повреждение — травмотаксис, электрический ток — гальванотаксис, сила земного притяжения — геотаксис и т. д.

Один и тот же раздражитель для одних видов может быть аттрактантом, а для других — репеллентом. Так, одноклеточная эвглена всегда двигается к источнику света, а инфузория трубач — от него.

Таксис может зависеть от интенсивности раздражителя. Например, фототаксис при слабой интенсивности света может быть положительным, при значительной — отрицательным, а при средней — и вовсе не проявляться. Отрицательный гальванотаксис (когда движение идет в сторону катода) у инфузории туфельки при возрастании силы тока сменяется на положительный. И совсем сложно определить, какой термотаксис у этой инфузории. Если туфелек поместить в горизонтальную трубку, вдоль которой имеется перепад температуры от +40°С на одном ее конце до +15°С на другом, то через некоторое время все инфузории скопятся в том месте трубки, где температура +26°, +27°С. Здесь для них, видимо, самые благоприятные условия: ни жарко, ни холодно.

Благодаря таксисам одноклеточные организмы отыскивают пищу, находят места с более благоприятными условиями обитания, а также находят особей своего вида и избегают вредоносных воздействий.

Из внутриклеточных таксисов лучше всего изучен фототаксис хлоропластов в клетках листа растения. В них содержится *пигмент* хлорофилл, благодаря которому на свету идет *фотосинтез.* Обычно в листьях, находящихся в темноте, хлоропласты расположены более или менее равномерно вдоль всех стенок клетки. На умеренном свету они перемещаются к стенкам, перпендикулярным к падающему свету. Этим достигается максимальная освещенность хлоропластов. При значительном повышении яркости света хлоропласты переходят на стенки, стоящие параллельно лучу света, и их освещенная поверхность сводится к минимуму. Биологическая значимость фототаксиса хлоропластов очевидна.

Пример таксиса отдельных клеток многоклеточного организма — хемотаксис лейкоцитов (белых кровяных клеток). Под влиянием аттрактантов, образующихся при воспалении, они передвигаются к месту воспалительного процесса, где участвуют в захватывании и переваривании болезнетворных микробов и остатков погибших здесь клеток (см. *Фагоцитоз*). Благодаря киносъемке удалось определить: если в кадре находится неподвижный лейкоцит и в это время вносится какой-нибудь аттрактант, то у лейкоцита сразу начинают появляться выросты — ложноножки, с помощью которых он передвигается. Причем возникают они на стороне, обращенной к аттрактанту. Значит, лейкоцит обнаруживает разницу в концентрации аттрактанта по обе стороны своего тела, т. е. на расстоянии около 8 мкм. Это пространственный принцип определения разницы концентрации вещества. Доказано, что у лейкоцитов имеются особые чувствительные центры, которые реагируют на продукты выделения микробов.

Иной механизм хемотаксиса у *бактерий,* который помогает им находить пищу и спасаться от вредоносных химических компонентов среды обитания. Они как бы сравнивают концентрацию вещества в данный момент с той, которая была несколько раньше. Это временно́й принцип. Различными опытами с использованием биохимических и генетических методов установлено, что и у бактериальной клетки имеются чувствительные для хемотаксических веществ центры. Поскольку бактерии различают изменение концентрации вещества во времени, значит, они «запоминают» ее. Возможно, что изучение хемотаксисов бактерий поможет установить механизмы *памяти.*

ТКАНЬ

Ткани — это системы *клеток* и межклеточных структур, обладающие общностью строения (в ряде случаев и происхождения) и выполняющие определенные функции. Благодаря тако-

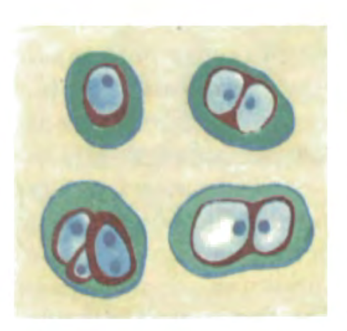
му тканевому разделению труда обеспечивается успешное выполнение различных функций многоклеточного организма.

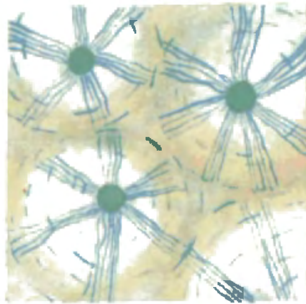
У животных обычно различают ткани эпителиальные, соединительные, мышечные и нервную.

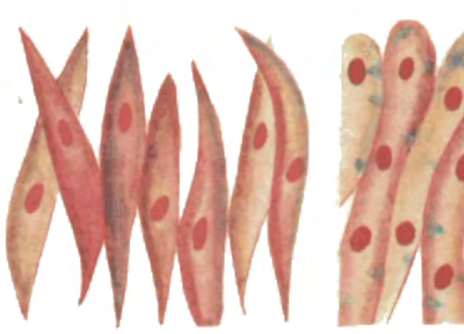
Эпителиальные ткани покрывают поверхность тела и выстилают его полости; они состоят из плотно уложенных пластов клеток. Эти ткани выполняют защитную, всасывающую и секреторную функции.

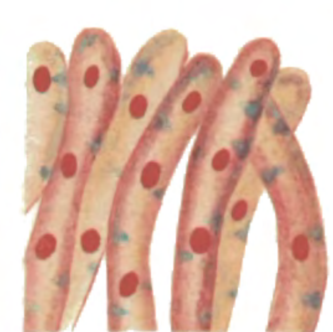
К соединительным тканям относят собственно соединительную ткань, скелетную, или опорную, — хрящевую и костную, а также *кровь* и лимфу. Для этих тканей характерно большое количество волокнистого и аморфного межклеточного вещества. В крови и лимфе — тканях внутренней среды — это вещество жидкое, и в нем свободно взвешены форменные элементы крови — эритроциты, лейкоциты, кровяные пластинки (тромбоциты). Соединительные ткани выполняют трофическую, защитную и опорную функции, а кровь и лимфа — кроме трофической и защитной также транспортную и газообменную.

Мышечные ткани — гладкая и поперечнополосатая — обладают способностью к сокращению. Гладкая мышечная ткань состоит из вытянутых клеток длиной от 15 до 500 мкм. Поперечнополосатая ткань образована мышечными волокнами (скелетные мышцы) или клетками (сердечная мышца). Гладкие мышцы у позвоночных животных и человека составляют двигательный аппарат внутренних органов — пищеварительной трубки, легких, бронхов, *выделительной системы*, а также кровеносных и лимфатических сосудов.

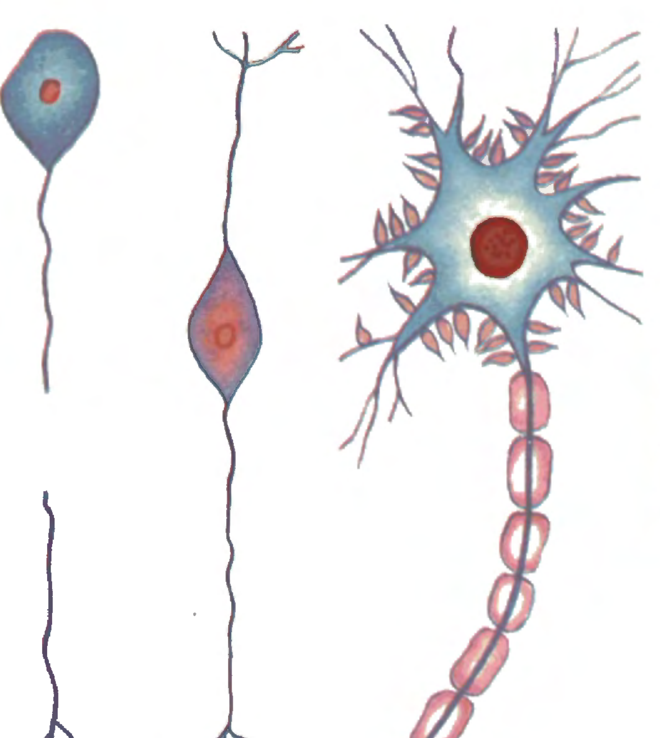

Клетки хрящевой ткани.


Клетки костной ткани.


Клетки гладкой мышечной ткани.


Клетки поперечнополосатой мышечной ткани.

Нервная ткань состоит из нервных клеток — невроцитов, или нейронов, и нейроглии. Нервные клетки воспринимают раздражение, про-


Клетки нервной ткани *(слева направо)*: однополярный нейрон; биполярный нейрон; мотонейрон.

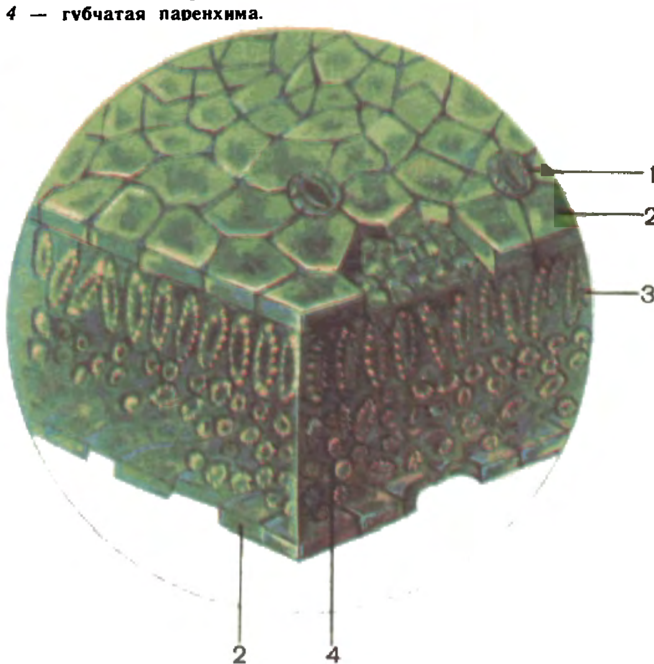


Схема строения зеленого листа:
1 — **устьице;** *2* — **эпидермис;**
3 — **палисадная паренхима;**
4 — **губчатая паренхима.**

водят возбуждение по своим отросткам — нервным волокнам и передают их другим клеткам и тканям. Нейроглия выполняет трофическую, механическую и защитную функции.

Многие ткани и во взрослом состоянии сохраняют часть малодифференцированных (стволовых) клеток, за счет которых происходит пополнение клеток взамен погибших и *регенерация* при повреждениях.

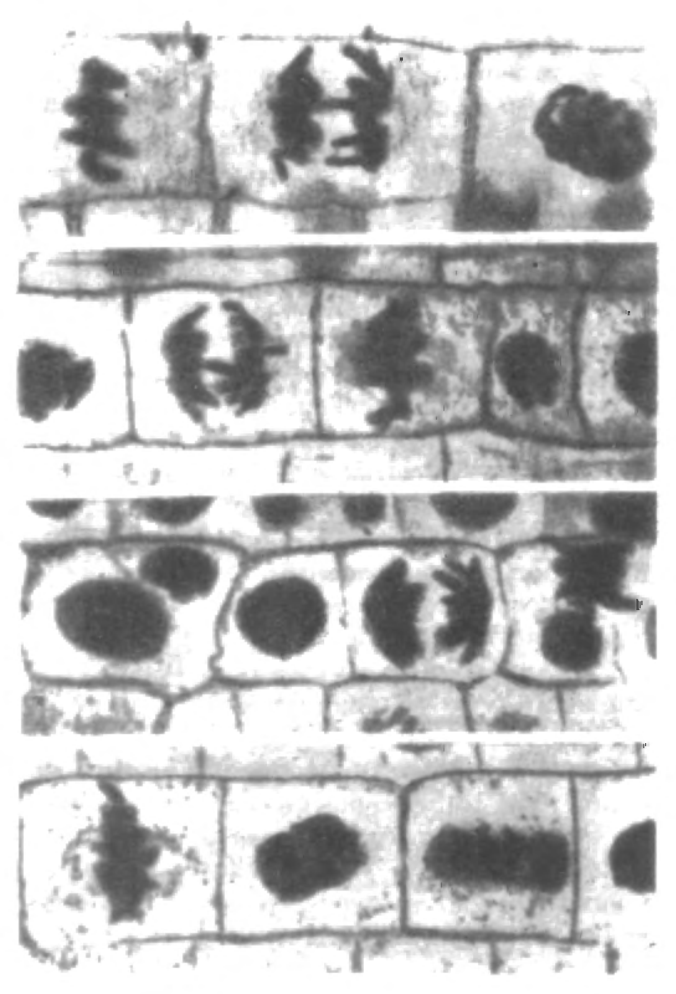
У растений различают образовательные ткани (меристемы) и постоянные (основные) ткани. В результате деления клеток меристем увеличивается число клеток тела растения, которые, со временем дифференцируясь, входят в состав постоянных тканей (см. *Клеточная специализация* (*дифференцировка*).

Меристемы бывают верхушечными, вставочными и боковыми. Из клеток верхушечных меристем состоят конусы нарастания побега и корня растений. Примером долго сохраняющейся вставочной меристемы может служить нежная ткань, находящаяся в самых нижних участках междоузлий злаков, благодаря чему побеги этих растений могут быстро удлиняться. Боковые (продольные) меристемы обычно расположены в виде тяжей или слоев клеток более или менее параллельно продольной оси стебля или корня. Верхушечные и вставочные меристемы принято считать первичными, как и боковую меристему прокамбий, который берет начало от верхушечной меристемы. Другие боковые меристемы — камбий и пробковый камбий — рассматривают как вторичные. Все постоянные ткани, возникающие из первичных меристем, также называют первичными, а возникающие из вторичных — вторичными.

К главнейшим постоянным тканям относят проводящие ткани: древесину, по трахеидам и сосудам которой осуществляется восходящий от корней ток воды с растворенными в ней веществами, и луб. Он имеет ситовидные трубки, по которым идет ток растворов органических веществ (в первую очередь — сахаров), выработанных растением при *фотосинтезе*. Первичные древесина и луб возникают из прокамбия, клетки которого, дифференцируясь, сами становятся элементами этих тканей, а элементы вторичных древесины и луба образуются в результате деления клеток камбия, находящегося между древесиной и лубом. Деятельность камбия обусловливает утолщение стеблей и корней.

Вода с минеральными веществами поступает в растение через всасывающую ткань (эпиблему) — наружный слой клеток корня, которые на некотором расстоянии от растущего кончика образуют выросты — корневые волоски. Дальше от кончика корня эти клетки вместе с волосками отмирают, а зона всасывания как бы перемещается по корню по мере его нарастания в длину. Фотосинтез происходит в богатых хлоропластами (см. *Пластиды*) клетках ассимиляционной ткани — зеленых клетках листьев и молодых участков стеблей.

Образовательная ткань — меристема — кончика корня лука. В клетках идет митоз. Микрофотография.



Снаружи растение одето покровными тканями. Первичная покровная ткань листьев и молодых стеблей — это кожица, или эпидермис. В корне такой тканью становится слой прилегающих к эпиблеме клеток после отмирания последней. Вторичная покровная ткань стеблей и корней — это пробка, возникающая в результате деления клеток пробкового камбия. К механическим тканям относятся образующаяся нередко непосредственно под эпидермисом колленхима, клетки которой имеют неравномерно утолщенные, неодревесневевшие оболочки, и склеренхима, представленная узкими, длинными, обычно одревесневающими волокнами.

Запасающая ткань предназначена хранить запасы питательных веществ. Ее клетки обычно паренхимны, т. е. их длина, ширина и толщина примерно одинаковы. Механические и запасающие клетки могут входить в состав древесины и луба. Система проветривания обеспечивает газообмен в теле растения. Она представлена специализированными группами клеток в покровных тканях — устьицами в эпидермисе, чечевичками в пробке. Через их межклетники воздух атмосферы контактирует с воздухом, заполняющим межклетники, пронизывающие остальные ткани растения.

ТРАНСКРИПЦИЯ

Транскрипция (от латинского слова transcriptio — переписывание) — снятие копии с нуклеотидной последовательности *генов* в виде молекул синтезируемой РНК.

Молекула ДНК (см. *Нуклеиновые кислоты*) несет информацию о структуре *белков*. Сама ДНК не принимает непосредственного участия в процессе синтеза белковых молекул. Первый этап передачи генетической информации — процесс транскрипции, при котором на цепи ДНК (матрице) происходит синтез РНК. В процессе транскрипции осуществляется переписывание информации, содержащейся в последовательности нуклеотидов ДНК-матрицы, в последовательность нуклеотидов в молекуле РНК. Образующиеся РНК являются переносчиками информации из *ядра*, где она хранится, в белок-синтезирующую частицу — *рибосому* (см. *Трансляция*). Эти РНК получили название информационных или матричных РНК (иРНК или мРНК). Они принимают непосредственное участие в биосинтезе белков.

Транскрипцию осуществляет *фермент* РНК-полимераза. Мономерными предшественниками РНК являются нуклеозидтрифосфаты — АТФ, ГТФ, ЦТФ и УТФ. В качестве матрицы данный фермент требует двухцепочечной ДНК, он копирует нуклеотидную последовательность только одной цепи ДНК (рис. 1).

В результате транскрипции образуется цепь РНК, строго комплементарная одной цепи ДНК (рис. 2). Количество синтезированной РНК может в сотни и тысячи раз превосходить количество ДНК, взятой в качестве матрицы, т. е. одна и та же матрица многократно используется для синтеза многих одинаковых молекул РНК.

Процесс транскрипции у *эукариот* осуществляется в ядре *клетки*.

Рис. 1. Схема процесса транскрипции ДНК РНК-полимеразой.

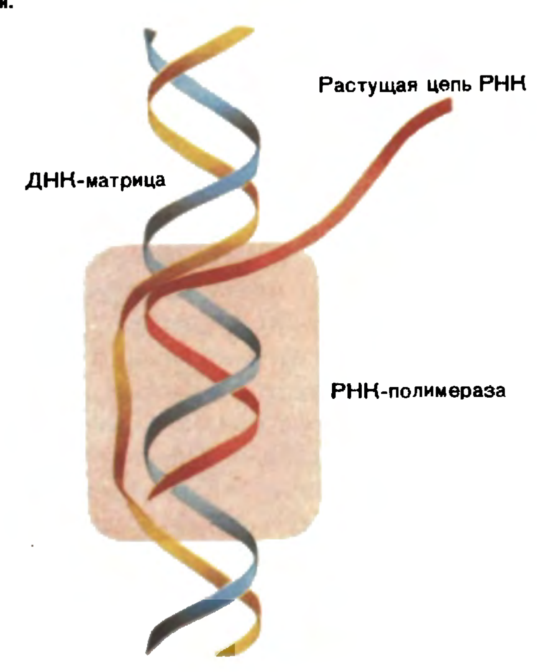
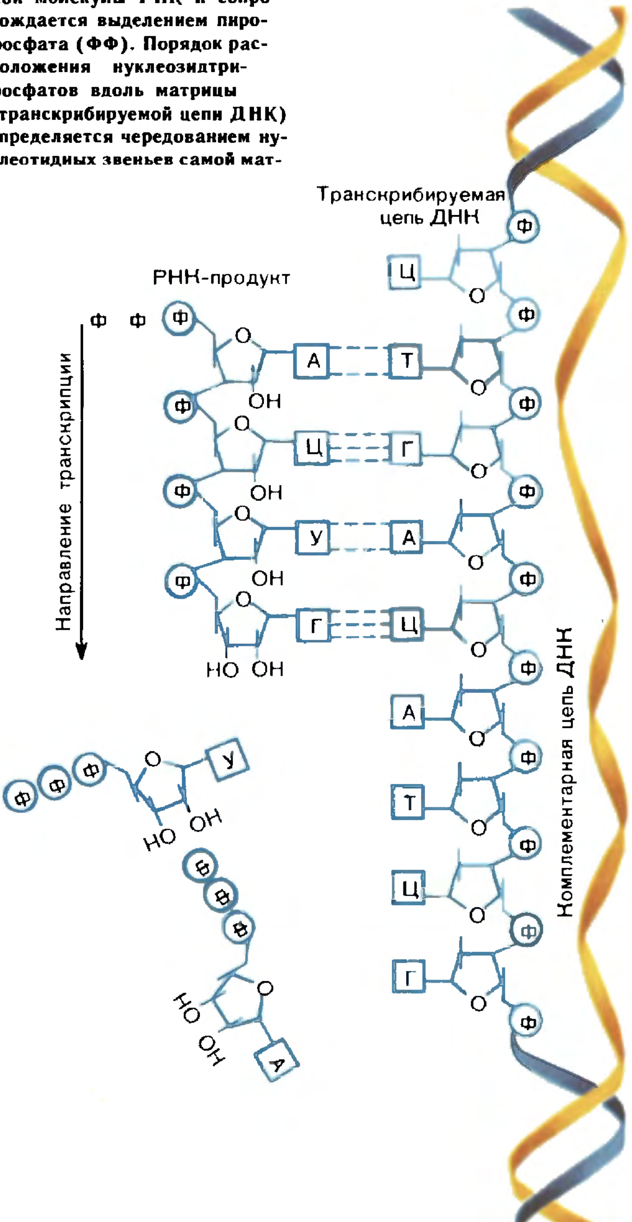


Рис. 2. Механизм биосинтеза РНК на ДНК-матрице. Стрелка показывает направление движения ДНК-матрицы через молекулу полимеразы. Механизм реакции состоит в переносе нуклеотидного остатка от нуклеозидтрифосфата на растущий конец синтезируемой молекулы РНК и сопровождается выделением пирофосфата (ФФ). Порядок расположения нуклеозидтрифосфатов вдоль матрицы (транскрибируемой цепи ДНК) определяется чередованием нуклеотидных звеньев самой матрицы. При этом к определенному пуриновому и пиримидиновому основанию матрицы присоединяется комплементарное пуриновое или пиримидиновое основание соответствующего нуклеозидтрифосфата.



ТРАНСЛЯЦИЯ

Информация о первичной структуре любого *белка*, образующегося в клетке, заключена в последовательности нуклеотидных остатков в информационной рибонуклеиновой кислоте (иРНК). Эта последовательность возникает в результате транскрибирования соответствую-

щего участка ДНК (см. *Транскрипция*). Перевод этих данных в информацию о последовательности аминокислотных остатков в белке, образующемся при биосинтезе, называется трансляцией (от латинского слова translatio — передача).

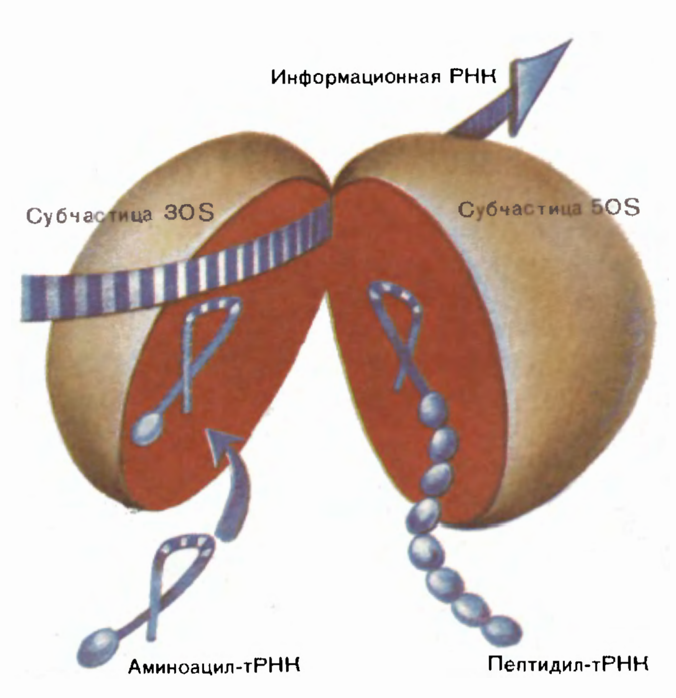
При трансляции радио- и телепередач сигналы, идущие от передатчиков в виде волн той или иной частоты, преобразуются в радиоприемнике или телевизоре в звук или изображение на экране, а при биосинтезе белка последовательность нуклеотидных звеньев в иРНК транслируется (переводится на другой «язык», преобразуется) в последовательность аминокислотных остатков в белковой молекуле. Информационная РНК при этом служит полинуклеотидной матрицей, т. е. шаблоном, при посредстве которого формируется полипептидная цепь со строго заданным чередованием аминокислот.

Возникающая в процессе биосинтеза белков при помощи матрицы (*нуклеиновой кислоты*) реплика (белок) имеет совершенно иную химическую природу, чем матрица, поэтому процесс трансляции называют гетерологической репликацией (от греческого слова heteros — другой, разный и латинского слова — replicatio — повторение). Когда же на матрице образуется соединение того же типа (например, с помощью ДНК при транскрипции создается РНК, но и та и другая, т. е. и матрица и реплика, являются полинуклеотидами) — это гомологическая репликация (греческое слово homos — равный, одинаковый).

В живой природе, следовательно, действует матричный принцип биосинтеза макромолекул. Он полностью отличается от принципа синтеза полимеров в неживой природе, лаборатории или заводской установке, основанного на неупорядоченном, случайном соударении молекул мономеров. Пуриновые и пиримидиновые основания (см. *Нуклеиновые кислоты*) комплементарны, т. е. химическое строение их молекул взаимно соответствует, что обеспечивает «узнавание» их друг другом и как следствие этого — их взаимодействие. Благодаря этому при транскрипции и трансляции осуществляется упорядоченное, четко запрограммированное взаимодействие мономеров с макромолекулой — матрицей и создание по ее подобию новых полимеров заданной структуры. Именно поэтому матричный принцип биосинтеза расценивается сейчас как неотъемлемое и специфическое свойство жизни.

Трансляция информации осуществляется в *рибосоме*. Здесь действует удивительный молекулярный механизм, позволяющий перевести язык матрицы на язык белка. Его образно назвали адаптерным механизмом, по аналогии с адаптером — несложным устройством, преобразующим механические сигналы на дорожке грампластинки в звуковые. В рибосоме адаптером служит транспортная РНК, несущая аминокислотный остаток (так называемая аминоацил-тРНК). Обладая триплетом нуклеотидных остатков (антикодон), кодирующих (шифрующих) определенную протеиногенную аминокислоту, аминоацил-тРНК этим триплетом взаимодействует с комплементарным триплетом оснований (кодон) в информационной (матричной) РНК и безошибочно находит на ней ту позицию, в которую потом встает аминокислота в синтезируемой белковой молекуле. Естественно, что первым в информационной РНК «узнается» тот триплет, который кодирует вступление в полипептидную цепь N-концевой аминокислоты будущей белковой молекулы. Матричная РНК в рибосоме, после того как соответствующая аминокислота попадает в полипептидную цепь белка, продергивается на один триплет, с которым взаимодействует новая аминоацил-тРНК, несущая следующую по

Схема, объясняющая процесс трансляции в рибосоме при биосинтезе белка (по А. С. Спирину): антикодон аминоацил-тРНК (три белые полоски на верхнем изгибе фигуры, условно обозначающей тРНК) взаимодействует с кодоном иРНК (т. е. тройкой белых полосок на стрелке, условно обозначающей иРНК) в том месте на субъединице 30S рибосомы, которое показано соответствующим знаком. К соседнему кодону иРНК присоединена пептидил-тРНК, т. е. тРНК, несущая пептидную цепочку, созданную в процессе трансляции; когда субчастицы 30S и 50S сомкнутся, произойдет синтез пептидной связи и пептид удлинится на один аминокислотный остаток (показан одиночным кружком на аминоацил-тРНК и на аминоацил-тРНК и цепочкой кружков у пептидил-тРНК). Вслед за этим субчастицы 30S и 50S снова разойдутся и займут положение, указанное на рисунке. Причем новая пептидил-тРНК окажется на частице 50S, а на субчастице 30S освободится место для присоединения аминоацил-тРНК, которая принесет в рибосому следующую по порядку аминокислоту в новообразуемой белковой молекуле. Крайне существенно, что в момент расхождения субчастиц иРНК продергивается на один кодон (т. е. три белые полоски) в направлении, указанном стрелкой. Очередная аминоацил-тРНК «узнает» своим антикодоном этот новый кодон иРНК. Именно в этот момент и осуществляется перевод (трансляция) полинуклеотидного языка на язык белка, именно здесь аминоацил-тРНК выполняет свою адаптерную функцию.



порядку в белковой молекуле аминокислоту. Так возникает белок с точно заданной первичной структурой (см. рис.).

Как отмечено выше, каждой аминокислоте в матрице соответствует свой триплет оснований (кодон). А в каждой тРНК, переносящей аминокислоту в рибосому, есть комплементарный ему триплет оснований (антикодон). Таким образом, благодаря кодон-атикодоновым взаимодействиям обеспечивается воспроизведение уникальной последовательности аминокислотных остатков в синтезируемом белке, т. е. реализуется триплетный код белкового синтеза, абсолютно одинаковый у всех организмов любого уровня сложности — от *бактерий* до человека.

ТРАНСПИРАЦИЯ

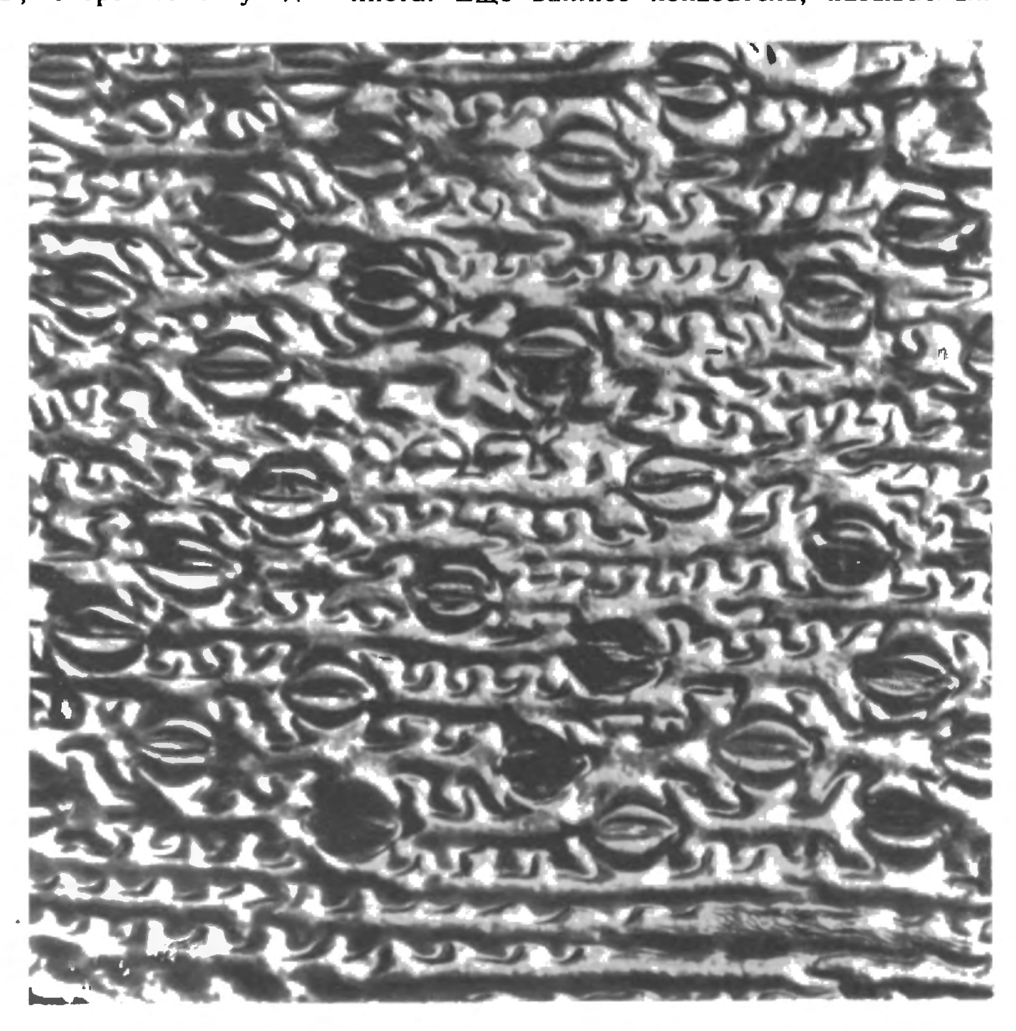
Транспирация (от латинских слов trans — сквозь, через и spiro — дышу) — это испарение растением воды, которая поступает из почвы в корневые волоски. Благодаря транспирации в растении сохраняется непрерывный ток воды и солей, а листья не перегреваются на солнце.

Вода испаряется в основном листьями. Клетки мезофилла листа постоянно выделяют в межклетники пары воды, которая затем уходит в воздух через устьица (устьичная транспирация) или кутикулу (кутикулярная транспирация).

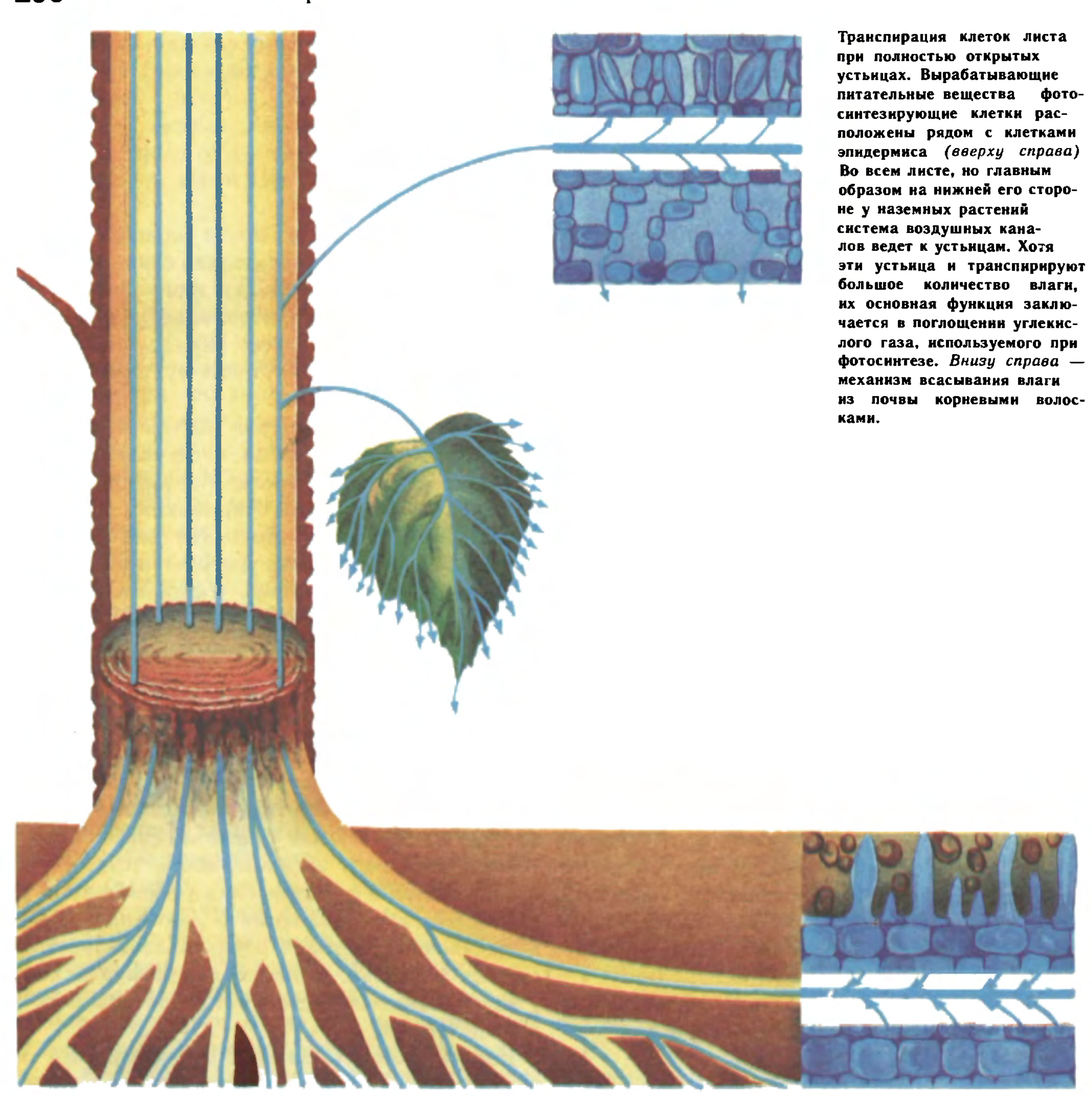
Скорость поступления воды через корни и скорость ее испарения примерно одинаковы. Однако водопоглощающая способность воздуха, окружающего листья, намного выше сосущей силы корней. Почему же растение не теряет всю воду? Проводящая (сосудистая) система растения, а также система устьиц составляют механизм, регулирующий скорость потери воды.

В плотной прозрачной кутикуле листа в световой микроскоп можно увидеть равномерно распределенные устьичные щели. Они образуются между двумя бобовидными клетками. Это замыкающие клетки устьиц. Когда воды много, они набухают, и от этого расходятся их более тонкие внутренние стенки и щель растягивается сильнее. Когда листу необходима вода, замыкающие клетки съеживаются, щель устьица сужается или совсем закрывается и транспирация приостанавливается, пока клетки не пополнятся водой. Эта система работает надежно, но если засуха затянулась, лист постепенно увядает, поскольку даже с закрытыми устьицами поверхность листа из-за кутикулярной транспирации теряет небольшие, но жизненно важные количества воды.

Величину транспирации измеряют в граммах воды, испаряемой за час с единицы массы листа. Еще важнее показатель, называемый



При увеличении на листе лилии кудреватой видны устьица на различных стадиях раскрывания и закрывания.



Транспирация клеток листа при полностью открытых устьицах. Вырабатывающие питательные вещества фотосинтезирующие клетки расположены рядом с клетками эпидермиса ***(вверху справа)*** **Во всем листе, но главным образом на нижней его стороне у наземных растений система воздушных каналов ведет к устьицам. Хотя эти устьица и транспирируют большое количество влаги, их основная функция заключается в поглощении углекислого газа, используемого при фотосинтезе.** ***Внизу справа —*** **механизм всасывания влаги из почвы корневыми волосками.**

транспирационным коэффициентом: это отношение массы воды, потребленной за весь жизненный цикл растения, к его сухой массе. Обратная величина, называемая продуктивностью транспирации, показывает, какое количество сухого вещества образуется в растении при расходе определенного количества воды. Этими показателями широко пользуются в селекционной и сельскохозяйственной практике при отборе засухоустойчивых форм или расчете поливов.

Водные растения проблему транспирации решают «от противного»: самое главное для них — найти и сохранить источник воздуха. Они поглощают воздух из воды, посылают на поверхность воды длинные стебли, подают его через устьица, расположенные не на нижней поверхности листа, как у большинства наземных растений, а на верхней. Этот воздух подается вниз в стебли и в корни по межклеточным каналам и служит источником углекислого газа для темновых реакций *фотосинтеза.*

ТРОПИЗМЫ И НАСТИИ

Многие наземные растения прочно закреплены в почве корнями и поэтому кажутся нам неподвижными. На самом деле они находятся в непрерывном движении. Однако их движения очень медленны и поэтому незаметны. Различают два вида этих движений — тропизмы (от греческого слова tropos — поворот, направление) и настии (от греческого слова nastos — давящий). В основе их лежит явление *раздражимости.*

Тропизмы — это движения органов растений в ответ на одностороннее влияние света (фототропизм), земное тяготение (геотропизм) и другие факторы внешней среды, действующие направленно. Они необходимы растению для того, чтобы приспособить положение своих органов к этим внешним факторам.

Если проросток выращивается в трубке, его стебель изгибается кверху, а корень — вниз, как только они выйдут за концы трубки, ограничивающие их рост. Это геотропизм — реакция на земное притяжение, отрицательная у стебля и положительная у корня.



Любой тропизм может быть положительным или отрицательным. Пыльцевая трубка пыльцевого зерна, проросшего на рыльце пестика растения своего вида, растет прямо и достигает семязачатка. Это положительный хемотропизм. Если же пыльцевое зерно попадает на рыльце пестика цветка чужого вида, то трубка сначала растет прямо, а затем загибается в обратную сторону. Это отрицательный хемотропизм. В данном случае он препятствует оплодотворению яйцеклетки в семязачатке. Очевидно, вещества, выделяемые пестиком растения своего вида, вызывают положительный хемотропизм, а чужого вида — отрицательный.

Начало изучению причин, вызывающих тропизмы, положил великий английский ученый *Ч. Дарвин*.

Наблюдая за горохом, Ч. Дарвин обнаружил, что растения описывают спираль своей растущей частью, изменяя таким образом свое положение относительно источника света и грунта. Скорость этого движения по спирали существенно различается у разных частей растения: у усиков она намного больше, чем у корней. Тропизмы возникают вследствие неравномерного роста противоположных сторон стебля или корня. Например, при одностороннем освещении побеги искривляются в сторону света. Управляет этим процессом *гормон* ауксин (см. *Фитогормоны*), который образуется в листьях и в точках роста. При одностороннем освещении поток ауксина смещается в затененную сторону и рост *клеток* здесь усиливается, а рост обедненных ауксином клеток на освещенной стороне побега тормозится.

Геотропическая реакция начинается в клетках корневого чехлика, содержащих особо плотные крахмальные зерна — статолиты, а завершается выше, там, где клетки растягиваются. Зерна крахмала при наклоне клетки перемещаются, как шарики в ящике, передавая раздражение на *мембрану* клетки в виде химического сигнала — двух гормонов (ауксина и абсцизовой кислоты), которые регулируют направление роста корня. Ауксин перемещается довольно медленно — со скоростью около 1 см/ч. Потому медленны и движения корней.

Верхушечные точки роста ориентируются в своем положении относительно силы тяжести, не имея статолитов. Им для этого достаточен меняющийся контакт *эндоплазматической сети* с наружной мембраной. Последующий геотропический изгиб происходит чуть ниже — в зоне растяжения клеток.

В отличие от тропизмов настии возникают в ответ на ненаправленный, диффузно рассеянный в среде раздражитель. Например, цветки у шафрана и тюльпана открываются и закрываются в ответ на изменение температуры (термонастии): от тепла ускоряется рост внутренней стороны лепестков — и цветок раскрывается, а от холода ускоряется рост их внешней стороны — цветок закрывается.

Бывают настии, не связанные с ростом. Они вызываются изменениями клеток. Таков «сон листьев» клевера, кислицы, фасоли и мимозы стыдливой. Их листья закрыты и направлены вертикально в темноте и прохладе и открываются при переходе в горизонтальное положение на свету и в тепле (фото- и термонастии). Листья мимозы и кислицы, кроме того, могут складываться и от сотрясения (сейсмонастия). Сейсмонастиями являются и движения рылец и тычиночных нитей в цветках насекомоопыляемых растений, а также движения листьев у насекомоядных растений, превратившихся в ловчие органы.

Настии тоже бывают положительными и отрицательными. Утром, при ярком солнечном свете, открываются соцветия-корзинки одуванчика; с уменьшением освещенности они закрываются. Это пример положительной фотонастии. Цветки душистого табака, наоборот, раскрываются в вечернее время, с уменьшением освещенности. Это отрицательная фотонастия.

Объяснение природы настических движений ищут в действии гормонов ауксина и этилена и в некоторых сократительных белках.

У, Ф

УГЛЕВОДЫ

Углеводы — самые распространенные на нашей планете органические вещества. Они представляют собой первичные продукты *фотосинтеза* и исходные продукты биосинтеза других веществ в растениях. Углеводы содержатся в *клетках* всех живых организмов.

Углеводы делят на простые (моносахариды, от греческого слова monos — один) и сложные. Сложные углеводы делят на две подгруппы: олигосахариды (от греческого слова oligos — немногий) — сахароподобные сложные углеводы, содержащие от 2 до 10 молекул моносахаридов, и несахароподобные сложные углеводы — высшие полисахариды (от греческого слова polys — многий), состоящие из сотен и тысяч моносахаридов.

Среди моносахаридов по характеру карбонильной группы различают альдозы (содержат альдегидную группу) и кетозы (содержат кетонную группу), а по числу углеродных атомов — триозы, тетрозы, пентозы, гексозы и т. д. Наиболее распространены в природе пентозы и гексозы (рис. 1). Обычно моносахариды содержат неразветвленную цепь углеродных атомов, но встречаются и с разветвленной цепью. Кроме карбонильной и гидроксильных групп в молекулу моносахарида могут входить и другие группы: аминогруппа содержится в аминосахарах, карбоксильная группа — в уроновых кислотах. Широко распространены дезоксисахара, в которых гидроксильная группа заменена водородом (рис. 2).

У моносахаридов высокая реакционная способность, и поэтому в живых организмах они часто находятся в виде эфиров фосфорной кислоты или более сложных веществ — гликозидов. В свободном виде встречаются в основном лишь глюкоза и фруктоза, главным образом в растениях, особенно во фруктах. Глюкоза есть и в *крови* млекопитающих. В крови человека постоянно содержится 0,1% глюкозы. В клетке она служит универсальным источником энергии.

В настоящее время известно несколько сотен моносахаридов и их производных. Это структурные единицы сложных углеводов и других *биологически активных веществ.* Альдопентозы — рибоза и дезоксирибоза входят в состав полимерных цепей *нуклеиновых кислот* — РНК и ДНК. Фосфорнокислые эфиры моносахаридов играют важнейшую роль в процессе *фотосинтеза.* С превращениями моносахаридов связано обеспечение клетки энергией, обезвреживание и выведение из организма ядовитых веществ, проникающих извне или образующихся в процессе *обмена веществ,* например при распаде *белков.*

Олигосахариды составляют промежуточную группу между моносахаридами и высшими полисахаридами. Известно большое число природных и синтетических олигосахаридов с неразветвленными и разветвленными цепями. В свободном состоянии олигосахариды (главным образом группы сахарозы) широко представлены в растительном мире, где они играют роль резервных углеводов. В женском и коровьем молоке содержится дисахарид лактоза (молочный сахар) и группа родственных олигосахаридов.

Высшие полисахариды, состоящие из остатков одного моносахарида, называют гомополисахаридами, а из остатков разных моносахаридов — гетерополисахаридами. Даже в самых сложных полисахаридах редко содержится больше 5—6 различных видов моносахаридов. Наиболее часто это глюкоза, галактоза, манноза, арабиноза или ксилоза.

Из полисахаридов состоит бóльшая часть сухой массы высших наземных растений и водорослей. Самый распространенный гомополисахарид — целлюлоза. Ее линейные молекулы построены из остатков глюкозы. Из целлюлозы (клетчатки) состоят клеточные стенки растений. Ежегодно на нашей планете образуется около 100 млрд. т целлюлозы, что составляет 1/4 часть от общей массы синтезируемого «живого вещества». Целлюлоза имеет большое народнохозяйственное значение. Ее используют для производства бумаги, вискозного шелка, целлофана. Текстильная промышленность перерабатывает целлюлозные волокна: хлопок, лен. Широко применяются эфиры целлюлозы.

Рис. 1. Моносахариды

Глюкоза Фруктоза Рибоза

Рис. 2. Производные моносахаридов

Аминосахар (глюкозамин) Уроновая кислота (глюкуроновая кислота) Дезоксисахар (2-дезоксирибоза)

Рис. 3 Крахмальные зерна различных видов растений: *а* — ржи; *б* — картофеля; *в* — риса.

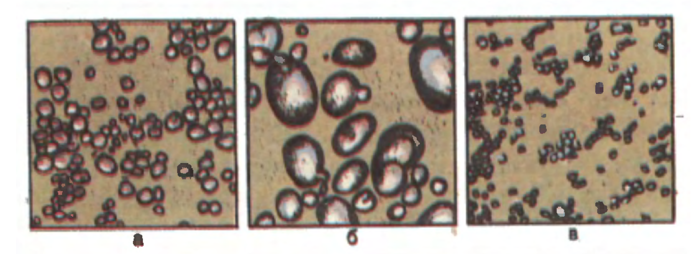
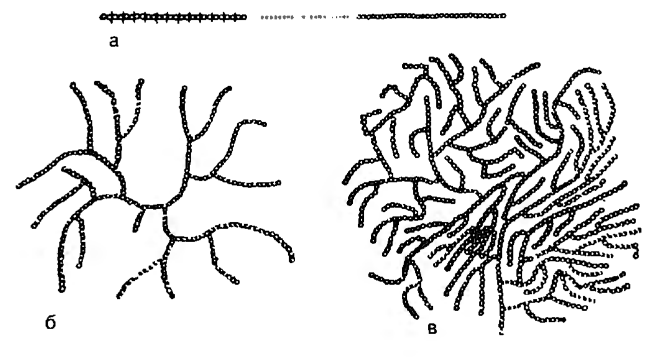


Рис. 4. Схема строения высших полиоз: *а* — амилозы; *б* — амилопектина; *в* — гликогена.



Наряду с целлюлозой в построении клеточных стенок растений участвуют гемицеллюлозы и пектиновые вещества, которые играют роль цементирующего материала. Пектиновые вещества составляют бóльшую часть межклеточного вещества. Особенно богата ими мякоть плодов. Эти вещества используют в кондитерской промышленности для приготовления мармелада, желе.

Главную опорную функцию у многих беспозвоночных выполняет наружный скелет — кутикула. Внутренний слой ее образован полисахаридом хитином. По строению и свойствам хитин похож на целлюлозу, но цепи его построены не из глюкозы, а из глюкозамина (рис. 2). Хитин замещает частично или полностью целлюлозу в клеточных стенках грибов. Очищенный хитин — белое вещество, похожее на бумажную массу.

Клеточные стенки *бактерий* построены из сложных гликопротеинов.

Некоторые полисахариды используются живыми клетками в качестве энергетических запасов, при необходимости они легко превращаются в моносахариды — непосредственный источник энергии. К запасным питательным веществам относятся крахмалоподобные полисахариды — крахмал высших растений, гликоген животных и ряда низших растений.

Крахмал — самый распространенный запасный полисахарид растений. Он накапливается преимущественно в семенах, луковицах, клубнях и сердцевине стебля растений. В зернах злаков (пшеницы, риса, кукурузы) содержится до 70% крахмала. Крахмальные зерна у различных растений разной формы и величины (рис. 3). Крахмал состоит из двух полисахаридов: амилозы и амилопектина. Молекула амилозы имеет линейную структуру. Молекулы амилопектина крупнее, они разветвлены. Крахмал — ценный пищевой продукт. Его много в хлебе, крупах, картофеле.

Гликоген — резервный полисахарид, общий для всех животных организмов. Особенно много его в печени и мышцах. Гликоген похож на амилопектин. Молекулы его имеют много боковых цепей, они плотные, по форме напоминают шар (рис. 4). При гидролизе гликогена, как и крахмала, образуется глюкоза, служащая источником энергии.

Большинство полисахаридов животных соединено с белками или *липидами*. При этом образуются гликопротеины и гликолипиды, выполняющие многочисленные важные функции. Гликопротеинами являются «групповые вещества» крови. Они содержатся в оболочках эритроцитов и в других клетках, а также в секреторных жидкостях организмов и определяют их групповую принадлежность. Исключительно велико биологическое значение гликопротеина гепарина. Он препятствует свертыванию крови в кровеносных сосудах, а также участвует в регулировании обмена липидов. Гликопротеины принимают участие в иммунных реакциях организма (см. *Иммунитет*), в организме животных — в явлении *оплодотворения*. У биологически активных белков — *ферментов* найдены углеводные компоненты.

Углеводсодержащие биополимеры выполняют и защитные функции. Все поверхности, на которых происходит соприкосновение клеток организма животных с внешней средой, покрыты слоем слизи. Главный компонент ее — гликопротеины. Слизь предохраняет клетки от механического повреждения, облегчает движение пищи по пищеварительному тракту и обладает иммунологической активностью.

Гликолипиды принимают участие в построении клеточных *мембран*. Чрезвычайно богата гликолипидами нервная ткань млекопитающих. При нарушении обмена гликолипидов наблюдают заболевания *нервной системы*. Полагают, что за счет углеводных групп возрастает разнообразие типов клеточной поверхности, а это играет важную роль при соединении клеток между собой в процессе образования *тканей* и *органов*.

ФАГОЦИТОЗ

В 1882—1883 гг. известный русский зоолог *И. И. Мечников* проводил свои исследования в Италии, на берегу Мессинского пролива. Ученого интересовало, сохранилась ли у отдельных клеток многоклеточных организмов

способность захватывать и переваривать пищу, как это делают одноклеточные, например амебы. Ведь, как правило, у многоклеточных пища переваривается в пищеварительном канале и клетки всасывают уже готовые питательные растворы. Мечников наблюдал личинок морских звезд. Они прозрачны, и их содержимое хорошо видно. У этих личинок нет циркулирующей крови, но есть блуждающие по всей личинке клетки. Они захватывали частички введенной в личинку красной краски кармина. Но если эти клетки поглощают краску, то, может быть, они захватывают любые посторонние частички? Действительно, вставленные в личинку шипы розы оказались окруженными клетками, окрашенными кармином. Клетки были способны захватывать и переваривать любые чужеродные частички, в том числе и болезнетворных микробов. Мечников назвал блуждающие клетки фагоцитами (от греческих слов phagos — пожиратель и kytos — вместилище, здесь — клетка). А сам процесс захвата и переваривания ими разных частиц — фагоцитозом. Позже Мечников наблюдал фагоцитоз у рачков, лягушек, черепах, ящериц, а также у млекопитающих — морских свинок, кроликов, крыс и у человека.

Фагоциты — особые клетки. Переваривание захваченных частиц нужно им не для питания, как амебам и другим одноклеточным, а для защиты организма. У личинок морских звезд фагоциты блуждают по всему телу, а у

ИЛЬЯ ИЛЬИЧ МЕЧНИКОВ (1845—1916)



Илья Ильич Мечников — русский биолог, один из основоположников эволюционной эмбриологии и иммунологии, создатель учения о воспалительных процессах в организме и *фагоцитозе*.

Еще гимназистом Мечников слушал лекции в университете и вел научные наблюдения. Поэтому не удивительно, что золотому медалисту понадобилось лишь два года, чтобы окончить естественное отделение физико-математического факультета Харьковского университета. Для дальнейшей специализации он выехал за границу, в Германию и Италию. В 23 года Мечников — доцент Петербургского университета, а в 25 — профессор Новороссийского университета в Одессе. После конфликта с реакционной профессурой, поддерживаемой царским правительством, Мечников покинул университет.

Несколько лет он заведовал первой в России Одесской бактериологической станцией, где велись работы по борьбе с бешенством и другими инфекционными заболеваниями, а также разрабатывались биологические методы борьбы с вредителями сельского хозяйства.

И. И. Мечников увлеченно и много работал — по 10—12 ч в сутки. Первый период его научной деятельности связан с исследованиями по зоологии и сравнительной эмбриологии беспозвоночных. Совместно с *А. О. Ковалевским* он разработал учение об общих закономерностях развития беспозвоночных и позвоночных животных, что явилось убедительным доказательством их исторического родства. За эти работы обоим ученым дважды присуждалась премия имени *К. Бэра*. И. И. Мечниковым была создана теория происхождения многоклеточных организмов.

Позже, изучая внутриклеточное пищеварение у низших животных, Мечников создал учение о фагоцитозе. Развитию этого учения он посвятил 25 лет своей жизни. На VII съезде русских естествоиспытателей и врачей (1883, Одесса) Мечников сделал доклад о защитном значении фагоцитоза при воспалении и попадании в организм микробов. За фагоцитарную теорию *иммунитета* Мечников получил в 1908 г. Нобелевскую премию.

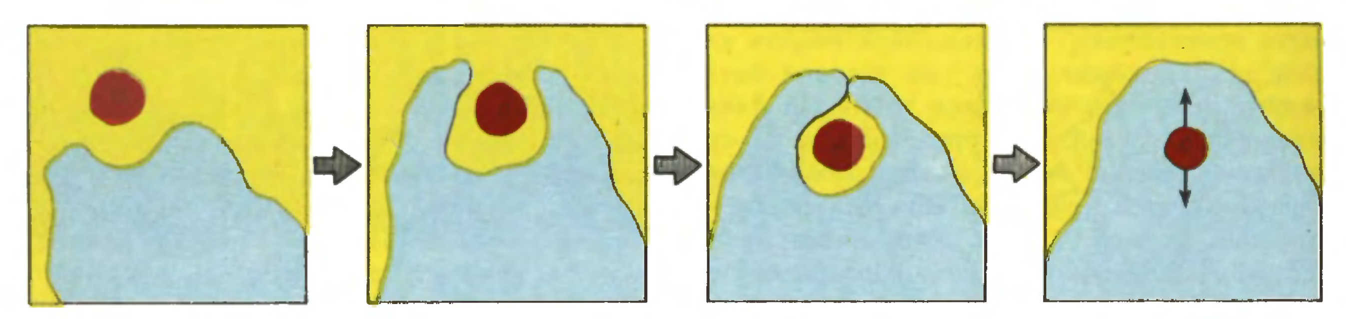
В 1888 г. знаменитый французский ученый *Л. Пастер* пригласил Мечникова возглавить лабораторию в своем институте. Там Илья Ильич и проработал до конца жизни, никогда не порывая связей с Родиной. В последние годы жизни Мечников занимался проблемами, связанными с опасными инфекциями (холерой, чумой, брюшным тифом и др.), а также старением организма.

В 1985 г. в Париже, в институте Пастера открыт памятник И. И. Мечникову.

Имя И. И. Мечникова присвоено многим научным и лечебным учреждениям в нашей стране. Академия наук СССР учредила золотую медаль и премию его имени, которые присуждаются за выдающиеся работы по биологии и заслуги в борьбе с инфекционными заболеваниями.

«Нет в мире непонятного, многое не понято» — эти слова Мечникова, начертанные на его памятнике (во дворе больницы имени И. И. Мечникова в Ленинграде), призывают новые поколения ученых к дальнейшему научному поиску.

Так происходит захват частицы фагоцитом.



высших животных и у человека они циркулируют в сосудах. Это — один из видов белых кровяных телец, или лейкоцитов, — нейтрофилы. Именно они, привлекаемые ядовитыми веществами микробов, движутся к месту заражения (см. *Таксисы*). Вышедшие из сосудов, такие лейкоциты имеют выросты — ложноножки, или псевдоподии, с помощью которых они передвигаются так же, как амеба и блуждающие клетки личинок морских звезд. Такие способные к фагоцитозу лейкоциты Мечников назвал микрофагами.

Однако не только постоянно двигающиеся лейкоциты, но и некоторые оседлые клетки могут становится фагоцитами (сейчас все они объединены в единую систему фагоцитирующих мононуклеаров). Одни из них спешат к опасным участкам, например к месту воспаления, другие — остаются на своих обычных местах. И тех и других объединяет способность к фагоцитозу. Эти тканевые клетки (гистоциты, моноциты, ретикулярные и эндотелиальные клетки) почти вдвое крупнее микрофагов — их диаметр 12—20 мкм. Поэтому Мечников назвал их макрофагами. Особенно много их в селезенке, печени, лимфатических узлах, костном мозге и в стенках сосудов.

Микрофаги и блуждающие макрофаги сами активно нападают на «врагов», а неподвижные макрофаги ждут, пока «враг» проплывет мимо них в токе крови или лимфы. Фагоциты «охотятся» в организме за микробами. Бывает, что в неравной борьбе с ними они оказываются побежденными. Гной — это и есть скопление погибших фагоцитов. К нему подойдут другие фагоциты и начнут заниматься его ликвидацией, как они это делают со всякими посторонними частицами.

Фагоциты очищают ткани от постоянно отмирающих клеток и участвуют в различных перестройках организма. Например, при превращении головастика в лягушку, когда наряду с другими изменениями постепенно исчезает хвост, целые полчища фагоцитов уничтожают ткани хвоста головастика.

Как же попадают внутрь фагоцита частицы? Оказывается, с помощью псевдоподий, которые захватывают их, подобно ковшу экскаватора. Постепенно псевдоподии удлиняются и затем смыкаются над инородным телом. Иногда оно как бы вдавливается в фагоцит.

Мечников предполагал, что в фагоцитах должны содержаться специальные вещества, которые и переваривают захваченных ими микробов и другие частицы. И действительно, такие частицы — *лизосомы* были обнаружены спустя 70 лет после открытия фагоцитоза. В них содержатся *ферменты*, способные расщеплять большие органические молекулы.

Теперь выяснено, что кроме фагоцитоза в обезвреживании чужеродных веществ участвуют преимущественно антитела (см. *Антиген и антитело*). Но чтобы начался процесс их выработки, необходимо участие макрофагов. Они захватывают инородные белки (антигены), разрезают их на части и выставляют их куски (так называемые антигенные детерминанты) на своей поверхности. Тут с ними в контакт вступают те лимфоциты, которые способны вырабатывать антитела (иммуноглобулиновые белки), связывающие эти детерминанты. После этого такие лимфоциты размножаются и выделяют в кровь много антител, которые и инактивируют (связывают) чужеродные белки — антигены (см. *Иммунитет*). Этими вопросами занимается наука иммунология, одним из основоположников которой был И. И. Мечников.

ФАУНА

Фауна — совокупность всех *видов* животных, обитающих в данной местности. Древние римляне называли Фауной богиню полей и лесов. Можно говорить о фауне СССР или фауне Евразии, имея в виду перечень видов животных, населяющих эти территории. Можно говорить о фауне кишечника человека, фауне каменноугольного периода, пресноводной или охотничье-промысловой фауне, фауне птиц или фауне млекопитающих. В узком, зоологическом смысле фауна — это исторически сложившийся комплекс видов животных, объединенных общностью области распространения (*ареала*).

ФАУНИСТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СУШИ

ЦАРСТВО АРКТОГЕЯ

- Голарктическая область

ЦАРСТВО ПАЛЕОГЕЯ

- Эфиопская область
- Мадагаскарская область
- Индо-Малайская область

ЦАРСТВО НОТОГЕЯ

- Австралийская область
- Полинезийская область
- Новозеландская область

ЦАРСТВО НЕОГЕЯ

- Неотропическая область

Примечание. Антарктическая суша не входит ни в одно из царств

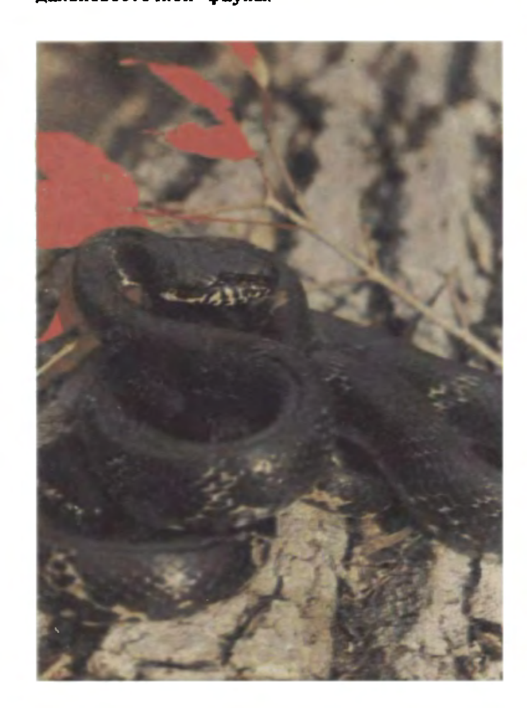
— Границы царств

– – – Границы областей

0 2000 км

Бабочки махаоны Маака — эндемичные насекомые Дальнего Востока.

Амурский полоз — эндемик дальневосточной фауны.







При фаунистическом районировании выделяют царства и области (см. карту).

Фауну характеризуют ее видовым составом — числом видов из разных групп животных. Другая важная характеристика фауны — степень ее своеобразия (эндемизм). На Галапагосских островах из 37 видов наземных птиц 31 вид (83%) встречается только здесь, т. е. эндемичен, а на Азорских островах из 30 наземных видов птиц эндемичны лишь 3 вида (10%). Высок эндемизм байкальской фауны: большинство обитающих здесь видов — эндемики.

В последнее время в связи с проблемами *охраны природы* мы все чаще говорим о доле исчезающих и сокращающих численность (угрожаемых) видов в той или иной фауне. Например, по значительной концентрации видов животных, внесенных в Красную книгу СССР, заметно выделяется фауна Казахстана и Среднеазиатских республик — Туркмении, Узбекистана и Киргизии, а также фауна Приморского края.

Точный состав фауны СССР до сих пор неизвестен, так как описаны далеко не все виды животных, особенно безпозвоночных, а среди них — насекомых. Наиболее точно можно говорить о фауне позвоночных СССР (см. таблицы).

Состав фауны позвоночных животных СССР и доля видов, находящихся под угрозой (по данным Красной книги СССР, 1984)

Класс	Число видов в СССР	Под угрозой вымирания	
Рыбы (пресноводные)	около 300	9	(3,0%)
Амфибии	34	9	(26,5%)
Рептилии	144	37	(25,7%)
Птицы	765	80	(10,4%)
Млекопитающие	326	77	(23,6%)

Состав фауны млекопитающих СССР и доля видов, находящихся под угрозой (по данным Красной книги СССР, 1984)

Отряд	Число видов	Под угрозой вымирания	
Насекомоядные	43	6	(14,0%)
Рукокрылые	41	5	(12,2%)
Грызуны	132	13	(9,8%)
Китообразные	31	16	(51,6%)
Хищные	43	18	(41,9%)
Ластоногие	14	6	(42,8%)
Непарнокопытные	1	1	(100,0%)
Парнокопытные	21	12	(57,1%)
Все отряды	326	77	(23,6%)

Фауна Австралии богата эндемичными видами. *На снимке* — **кенгуру.**



ФЕНОТИП

Фенотип (от греческого слова phaino — являю, обнаруживаю) — совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития. Фенотип складывается в результате взаимодействия наследственных свойств организма-*генотипа* и условий *среды обитания.*

В *ядрах клеток* содержится полученный от родителей набор *хромосом,* несущих совокупность *генов,* которые характерны для данного вида вообще и для данного организма в частности. Эти гены несут информацию о *белках,* которые могут синтезироваться в этом организме, а также о механизмах, определяющих сам синтез и его регуляцию (см. *Транскрипция, Трансляция*).

В процессе развития (см. *Онтогенез*) осуществляется последовательное включение генов и синтез тех белков, которые они кодируют (экспрессия генов). В результате происходит развитие всех признаков и свойств организма, которые и составляют его фенотип.

Таким образом, фенотип — это продукт реализации той генетической программы, которая содержится в генотипе.

Однако генотип не однозначно определяет фенотип — в большей или меньшей степени он зависит и от внешних условий. Иногда фенотипы в разных условиях отличаются крайне резко. Например, бабочка арашния дает в год два

поколения новых бабочек. Весенние, вышедшие из перезимовавших куколок, очень сильно отличаются от бабочек с тем же генотипом, развивающихся летом (их раньше считали разными видами). Сосны в лесу высокие и стройные, а на открытом пространстве — развесистые. Форма листьев водяного лютика зависит от того, в воде или в воздухе оказался лист.

Способность к изменениям фенотипа, предусмотренную генетической программой, называют нормой реакции. Обычно чем разнообразнее условия обитания вида, тем шире у него норма реакции.

Если условия среды резко отличаются от тех, к которым вид приспособлен, развитие организма нарушается и он погибает.

Рецессивные *аллели* не всегда отражаются в признаках фенотипа, но сохраняются и могут быть переданы потомству. Это важно знать для понимания механизма *эволюции*, так как *естественный отбор* действует только на фенотипы, а отбираются при этом, т. е. передаются потомству и остаются в *популяции*, генотипы

Взаимоотношение между генотипом и фенотипом не исчерпывается взаимодействием доминантных и рецессивных аллелей, а включает взаимодействие многих генов друг с другом. Механизмы этих взаимодействий в развитии организма, как и механизмы развития вообще, во многом непонятны. Но само разделение единого понятия о *наследственности* на два — генотип и фенотип, осуществленное фактически *Г. Менделем* (этих терминов он не знал), было большим открытием в *биологии*.

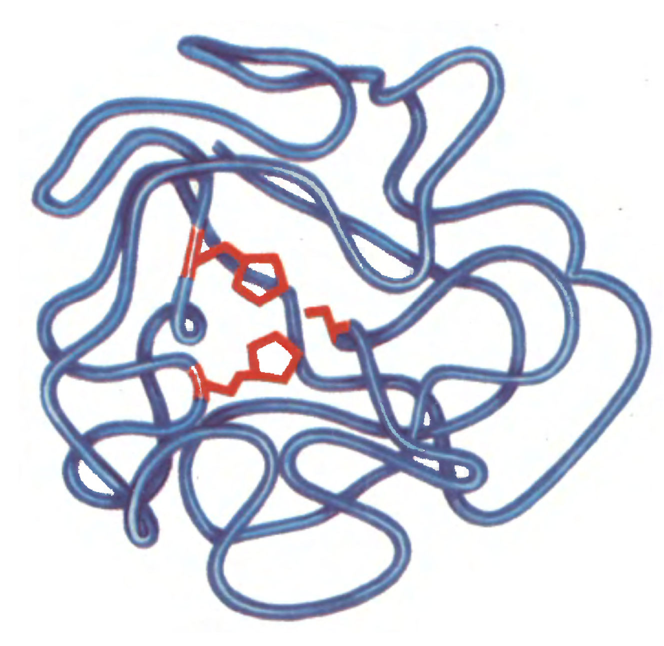
ФЕРМЕНТЫ

Ферменты (от латинского слова fermentum — закваска) — это *белки*, которые обладают каталитической активностью и характеризуются очень высокой специфичностью и эффективностью действия.

Все процессы в живом организме — *дыхание*, пищеварение, мышечное сокращение, *фотосинтез* и другие — осуществляются с помощью ферментов. Ферменты находятся во всех живых *клетках* и составляют бо́льшую часть всех их белков. Они во много миллионов раз ускоряют самые разнообразные химические превращения, из которых складывается *обмен веществ*.

Под действием различных ферментов составные компоненты пищи: белки, жиры и *углеводы* — расщепляются до более простых соединений, из которых затем в организме синтезируются новые макромолекулы, свойственные данному виду. Так, уже в ротовой полости под влиянием фермента амилазы сложный

Рис. 1. Модель третичной структуры молекулы химотрипсиногена (красным цветом показаны функциональные группы активного центра фермента).



растительный углевод — крахмал расщепляется до простых сахаров, из которых в печени синтезируется несколько иной полисахарид — гликоген. Без амилазы расщепления крахмала вообще не происходит.

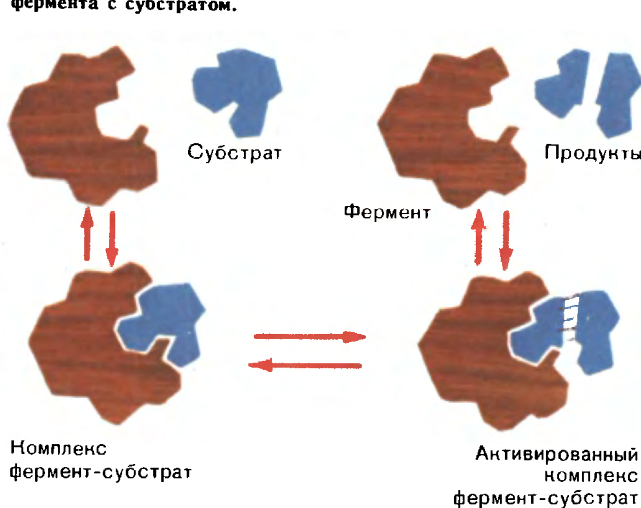
Нарушение деятельности ферментов ведет к возникновению тяжелых болезней или смерти. Так, наследственная аномалия умственного развития детей (галактоземия) связана с отсутствием в их организме одного из ферментов обмена углеводов, вследствие чего больные дети не могут усваивать молочный сахар.

Ферменты действуют в клетке по тем же законам, что и любые катализаторы. В отсутствие амилазы реакция между крахмалом и водой не происходит потому, что молекулы не обладают достаточной для этой цели энергией. Фермент ускоряет химический процесс, так как в его присутствии требуется меньше энергии для «запуска» данной реакции.

Ферменты значительно эффективнее (в 10^4—10^9 раз) небиологических катализаторов. Так, единственная молекула фермента каталазы может расщепить за секунду до 10 тыс. молекул токсичной для клетки перекиси водорода ($2H_2O_2 \xrightarrow{\text{каталаза}} 2H_2O + O_2$), которая возникает при окислении в организме различных соединений.

Другая особенность ферментов — высокая специфичность их действия. Большинство ферментов действуют лишь на один или очень небольшое число «своих» природных соединений (субстратов). Так, фермент уреаза катализирует расщепление лишь одного вещества — мочевины ($H_2N - CO - NH_2 + H_2O \xrightarrow{\text{уреаза}} 2NH_3 + CO_2$), не оказывая каталитического действия на родственно построенные соединения, например метилмочевину. Благодаря это-

Рис. 2. Схема взаимодействия фермента с субстратом.



му замечательному свойству ферментов в живых клетках множество реакций катализируется и регулируется независимо.

Присутствуя в клетках в ничтожно малых количествах, ферменты не «капризны»: они работают при обычной температуре и давлении и часто могут действовать как в слабокислой, так и в слабощелочной среде. Однако каждая ферментативная реакция наиболее быстро протекает при строго определенном (оптимальном) значении pH (показатель концентрации ионов водорода в среде).

По строению ферменты могут быть как простыми, так и сложными белками. Во втором случае в составе фермента кроме белковой части имеется добавочная группа небелковой природы — кофермент. Многие коферменты оказались *витаминами* или их производными. Белковая часть и небелковый компонент в отдельности лишены ферментативной активности, но, соединившись вместе, они приобретают характерные свойства фермента.

Ферментативную активность всегда определяет небольшая часть молекулы белка — активный центр, представляющий собой сочетание определенных аминокислотных остатков, строго ориентированных по отношению друг к другу. В настоящее время структура активных центров целого ряда ферментов расшифрована (рис. 1). Высокая специфичность действия ферментов связана с особенностями структуры их активных центров — она идеально соответствует строению субстрата (вещества, на которое действует фермент). Например, активный центр молекулы фермента лизоцима, который содержится в яичном белке, в слезах и в слизи из полости носа, имеет вид щели. По своим размерам и форме эта щель точно соответствует фрагменту молекулы сложного углевода бактериальной оболочки, которая расщепляется под действием этого фермента.

Каталитический процесс происходит благодаря согласованному действию всех функциональных групп активного центра. В ходе ферментативной реакции происходит образование промежуточного фермент-субстратного комплекса (рис. 2). Под влиянием фермента субстрат таким образом ориентируется в пространстве и изменяет свою конфигурацию, что преобразуемая ферментом химическая связь ослабляется и катализируемая реакция происходит с меньшей начальной затратой энергии, а следовательно, с намного большей скоростью. После химической реакции комплекс распадается с образованием продуктов реакции и свободного фермента. Вместе с тем важно знать, что фермент только ускоряет реакции, которые в принципе могли бы происходить и без него, т. е. не требуют необратимых затрат энергии (фермент собственной энергии в реакцию не вносит). В тех же случаях, когда катализируется реакция, требующая энергетических затрат (таких реакций очень много), в процесс всегда вовлекается источник энергии, например в виде АТФ (см. *Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)*.

Скорость ферментативной реакции зависит от многих факторов — природы и концентрации фермента и субстрата, температуры, pH среды, наличия активаторов и ингибиторов.

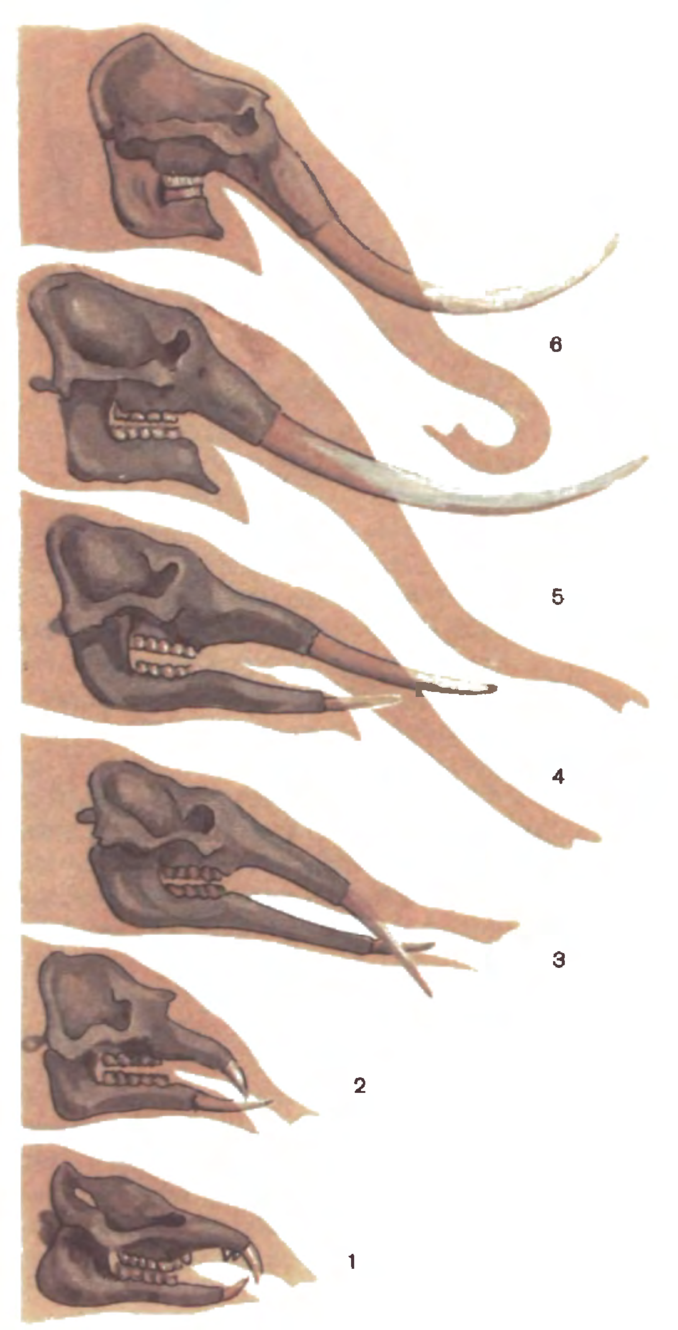
Сейчас известно около 2 тыс. ферментов, но список этот не закончен. В зависимости от типа катализируемой реакции все ферменты подразделяются на 6 классов: 1) ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции, — оксидоредуктазы; 2) ферменты переноса различных группировок (метильных, амино- и фосфогрупп и др.) — трансферазы; 3) ферменты, осуществляющие гидролиз химических связей, — гидролазы; 4) ферменты негидролитического отщепления от субстрата различных группировок (NH_3, CO_2, H_2O и др.) — лиазы; 5) ферменты, ускоряющие синтез связей в биологических молекулах при участии донаторов энергии, например АТФ,— лигазы; 6) ферменты, катализирующие превращения изомеров друг в друга, — изомеразы.

Некоторая часть ферментов находится в растворенном виде в жидкой фазе клетки — цитозоле. Но большая их часть связана с определенными клеточными структурами, где и осуществляется их функция. В *ядре* находится большая группа ферментов, ответственных за репликацию (синтез) ДНК и за ее *транскрипцию*. В *митохондриях* — ферменты энергетического обмена, в *лизосомах* — большинство гидролаз, способных разрушать *нуклеиновые кислоты* и белки.

Ферменты сохраняют свои свойства и вне организма. Поэтому их успешно используют в различных отраслях промышленности — хлебопекарной, пивоваренной, винодельческой, кожевенной, химической и др. В последние годы благодаря получению так называемых иммобилизованных (т. е. связанных с твердым носителем) ферментов сфера практического

применения их значительно расширилась. В качестве твердых носителей используют пористое стекло, целлюлозу, глину, всевозможные полимерные материалы и др. Продукт, возникающий в результате каталитического действия нерастворимого фермента, отделяют простым фильтрованием. Иммобилизованные ферменты (их уже около 200) устойчивы и пригодны для многократного использования в промышленных установках. С их помощью получают дорогостоящие лекарственные препараты и сложные химические соединения (см. *Биотехнология*).

В эволюции отряда хоботных можно подметить определенную тенденцию. От эоценового меритерия (*1*) через олигоценовую фаюмию (*2*), миоценового гомотерия (*3*) и тетралофодона (*4*) к плиоценовому стегодону (*5*) и современному слону (*6*) наблюдается увеличение размеров, усложнение зубов, превращение резцов в бивни и развитие хобота из сросшихся носа и верхней губы. Можно подумать, что слоны эволюционировали прямолинейно, по заданному плану. Но это не так, что видно из родословного древа слонов (с. 312).



ФИЛОГЕНЕЗ

Филогенезом (от греческих слов phylon — племя, род и genesis — происхождение) называют историю происхождения какой-нибудь группы организмов. Исследователь филогенеза должен проследить эволюционный путь группы, определить ее предка и указать ближайших родственников среди современных видов. Так как процесс филогенеза длится десятки и сотни миллионов лет, его нельзя наблюдать. Его приходится восстанавливать, реконструировать косвенным путем. Для этого со времен Э. Геккеля ученые пользуются сочетанием трех методов: сравнительной морфологии, эмбриологии и палеонтологии (метод тройного параллелизма, или триада Геккеля).

Сравнительно-морфологическим методом устанавливают облик предка изучаемой группы и ее родственные связи, находя *гомологии* в структурах ныне живущих видов. Какой-либо орган одного вида считается гомологичным органу другого лишь в том случае, если они занимают в организмах относительно близкое положение и сходны многими свойствами, хотя и могут выполнять разные функции. В таких случаях с большей долей вероятности мы можем полагать, что они ведут начало от единого органа предка. Например, наши зубы гомологичны колючей чешуе акул — они имеют эмалевую поверхность, тело из дентина и канал с кровеносными сосудами и веткой нерва. У некоторых акул можно на краях челюстей проследить постепенный переход от зуба к чешуе. А вот спинной и хвостовой плавники дельфина и акулы, несмотря на сходство, не гомологичны. Это пример *аналогии*.

Гомологии сейчас уже прослеживают и на молекулярном уровне. Гомологичны не только биохимические процессы организмов, значительно удаленных друг от друга, но и последовательности *аминокислот* в *белках* и нуклеотидов в *нуклеиновых кислотах* — РНК и ДНК.

Дело в том, что, по данным генетики, достаточно длинная аминокислотная последовательность в белке и нуклеотидная последовательность в ДНК и РНК в процессе *эволюции* может возникнуть только один раз (случайное повторение тех же мутаций невероятно), на этом уровне исключена *конвергенция* и молекулярное сходство всегда гомологично, а не аналогично. Вот примеры решения нескольких филогенетических проблем на молекулярном уровне. До недавнего времени загадкой было происхождение трубкозуба — своеобразного южноафриканского млекопитающего, выделенного в отдельный отряд. Родственников трубкозуба, ни ныне живущих, ни ископаемых, найти не удавалось. Недавно был исследован белок хрусталика глаза трубкозуба — кристал-

лин. Оказалось, что он гомологичен кристаллину слона, даманов — небольших африканских животных, похожих на грызунов, и морских коров (дюгоней, ламантинов). Родство последних трех групп зоологи-филогенетики установили ранее, теперь к ним прибавился четвертый родственник — трубкозуб, внешне совершенно не похожий ни на дамана, ни на дюгоня, ни тем более на слона.

Филогенетики вели долгие споры об отряде китообразных. Связаны ли родством усатые (беззубые) и зубатые киты (дельфины, кашалоты), или же их сходство аналогично, обусловлено сходным образом жизни, а не родством? Предками китов считали то насекомоядных, то примитивных хищников. Правда, были указания на то, что по структуре *хромосом* и по гемоглобинам киты близки к жвачным. Окончательный ответ дала ДНК. Оказалось, что гомологий в ДНК усатого кита-сейвала с ДНК кашалота столько же, сколько их в ДНК человека и гиббона — представителей разных семейств одного отряда приматов. Гомология ДНК кашалота и коровы вдвое выше гомологии ДНК кашалота и медведя. Значит, киты — единая группировка, которая возникла от общих предков парно- и непарнокопытных уже после того, как от общего корня ответвились хищники.

Установление молекулярных гомологий осо-

ВЛАДИМИР ОНУФРИЕВИЧ КОВАЛЕВСКИЙ (1842—1883)



Жизнь выдающегося русского ученого-палеонтолога Владимира Онуфриевича Ковалевского — яркий пример того, как много может сделать за короткий срок одаренный человек, если поставит перед собой четкую цель и будет энергично и настойчиво добиваться ее осуществления.

Семейные обстоятельства заставили Владимира Онуфриевича уехать из России в Германию: его жена, будущий знаменитый математик С. В. Ковалевская, только там могла поступить в университет. Здесь Ковалевский занялся естественными науками. Особенно увлекла его палеонтология — наука о древних ископаемых организмах, тогда еще мало разработанная область знания. За несколько лет Ковалевский самостоятельно в совершенстве овладел ею, читая специальную иностранную литературу. Он ознакомился с коллекциями остатков ископаемых животных в европейских музеях. Горячий сторонник *эволюционного учения Ч. Дарвина,* Ковалевский поставил своей целью доказать справедливость этого учения, используя палеонтологические находки, особенно копытных, наиболее полно представленные в музеях.

Работы Ковалевского посвящены проблеме *эволюции* копытных животных. Изменения в строении их скелета он связал с изменениями условий среды обитания. Ковалевский убедительно показал, например, что переход от низкокоронковых зубов и трехпалых конечностей у предков современной лошади к высококоронковым зубам и однопалости у современных лошадей связан с приспособлением к жизни на открытых пространствах, к жесткой пище и быстрому бегу.

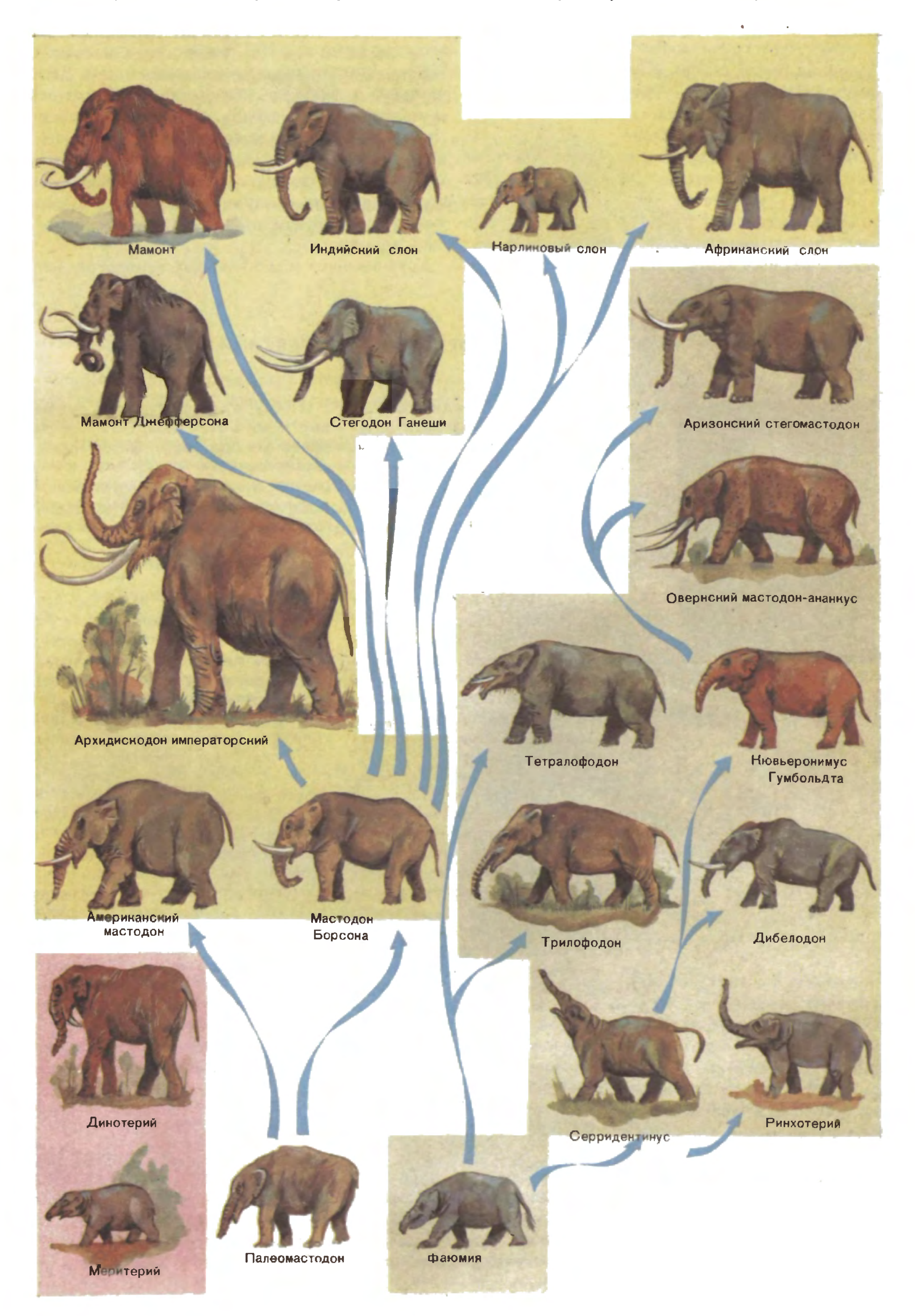
Изучая кости конечностей третичных копытных, Ковалевский стремился устанавливать филогенетические отношения между отдельными родами, т. е. прослеживать филогенетические ряды, которые он считал лучшим доказательством эволюции (см. *Филогенез*). Владимир Онуфриевич установил ряд закономерностей эволюции копытных.

Так ученый открыл закон, названный его именем (закон Ковалевского): освоение новых экологических зон в той или иной группе организмов сначала осуществляется относительно примитивным способом, без глубоких изменений общего плана строения; позже получают распространение более совершенные типы строения, лучше приспособленные к данной экологической обстановке. В дальнейшем первые вытесняются вторыми. Этому закону подчинено экологическое распространение почти всех живых организмов. Относительная целесообразность строения организма вырабатывается в связи с определенными изменениями среды в результате *естественного отбора.*

Исследования Ковалевского убедительно подтверждали мысль Дарвина о том, что животные не всегда были такими, как теперь, они изменялись с изменением условий обитания в процессе эволюции.

При жизни Ковалевского его выдающиеся достижения не были по достоинству оценены в России. Мировая слава пришла к нему уже после смерти: он был признан основателем эволюционной палеонтологии, нового этапа в развитии палеонтологии.

Один из вариантов родословного древа хоботных (слонов и мастодонтов). Из него видно, что эволюция слонов шла не прямолинейно. Параллельно развивались разные линии, нередко вымиравшие, не оставив потомства. Тетралофодон и стегодон — не прямые предки современных слонов. Ряд эволюции хоботных, показанный на предыдущем рисунке



(с. 310), собран из представителей разных эволюционных линий и имеет только сравнительно-анатомическое значение.

бенно ценно для филогенетики микроорганизмов, у которых морфологических признаков мало, а те, которые есть, часто возникают конвергентно. Именно так была построена первая естественная система микроорганизмов (см. *Родословное древо*). Более того, обнаружены сходные последовательности в ДНК человека и *бактерий,* что свидетельствует о том, что вся жизнь на Земле монофилетична, т. е. имеет один общий корень и возникла на нашей планете только один раз. У бактерий кишечной палочки нет органов человека, по которым их можно было бы сравнивать, нет даже *ядра.* Но зато и у палочки и у человека есть рибосомные и транспортные РНК, кодируемые соответствующими *генами,* а это уже достаточно для установления родства.

Филогенетикам помогают и данные эмбриологии. Известна консервативность ранних стадий развития организма (см. *Биогенетический закон*). Например, эмбрион лошади имеет сначала трехпалые конечности, но растет лишь средний, третий палец, а боковые превращаются в *рудименты* — «грифельки». На этой стадии развития лошадиный эмбрион имеет трехпалые конечности, как у тапира или как у вымершей более примитивной, чем современные, лошади (изредка развитые боковые пальцы сохраняются у лошади и во взрослом состоянии). По таким данным создается представление о строении конечности предка и устанавливаются родственные связи между лошадьми, с одной стороны, и тапирами и носорогами, с другой. Гомологии в развитии ценны для филогенетиков, потому что конечные стадии у взрослых организмов могут сильно различаться.

Третья группа данных, используемых в филогенетике, — свидетельства палеонтологии. Большой удачей считается обнаружение недостающего звена, связывающего ныне живущие формы. Изучение ископаемых остатков (см. *Ископаемые животные и растения*) позволяет установить важные закономерности филогенеза. Хорошо прослеживается, например, явление мозаичной эволюции. Суть ее в том, что разные органы изменяются в ходе эволюции с разной скоростью и недостающие звенья часто представляют причудливую смесь признаков. Например, наши древние предки — австралопитеки имели вполне человеческие тазовые кости (а значит, ходили на двух ногах), но мозг у них был немногим больше обезьяньего. Археоптерикс — крылатая переходная форма между пресмыкающимися и птицами — имел зубатые челюсти, длинный хвост из многих позвонков, был как бы ящерицей, но уже покрытой птичьими перьями. В процессе филогенеза отстающие в развитии признаки как бы подтягиваются к забегающим вперед и строение становится более гармоничным.

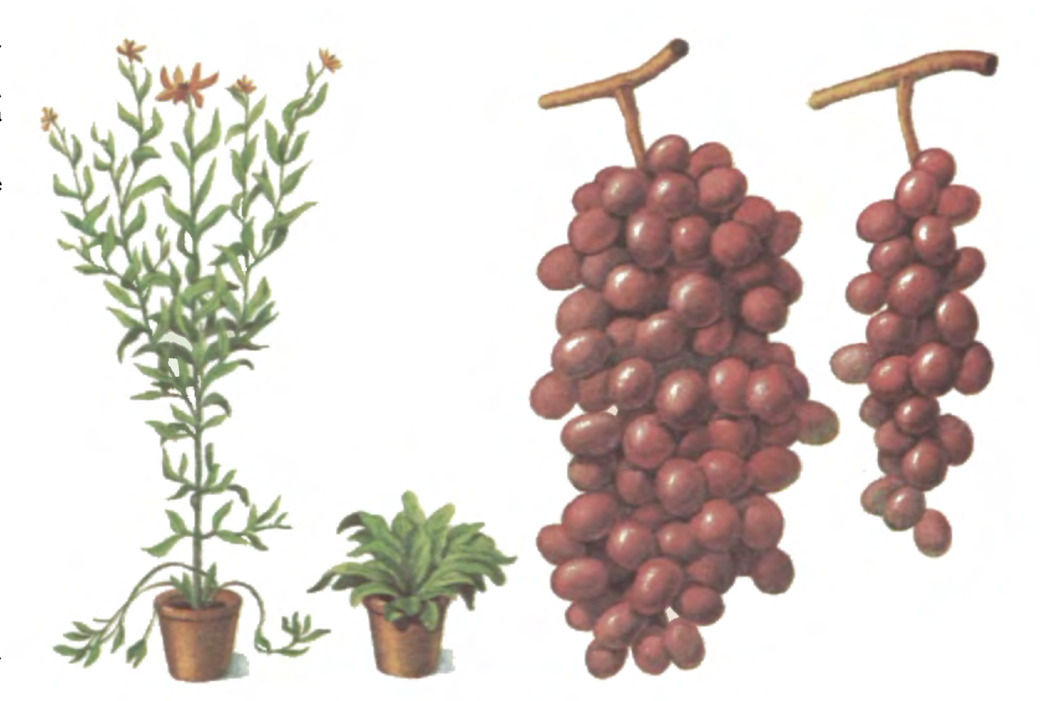
Если данные сравнительной морфологии, эмбриологии и палеонтологии согласуются друг с другом, то филогенез считается установленным с высокой точностью.

Пути филогенеза часто изображают в виде *родословного древа* или же так называемых филетических рядов. Пример такого ряда для хоботных (слонов) показан на рисунке (с. 310). В построении таких рядов кроется известная опасность — эволюция кажется целеустремленной, прямолинейной.

Что это не так, можно судить по родословному древу тех же хоботных: филогенез в этом отряде шел по разным направлениям, и лишь немногие формы дожили или почти дожили, как мамонт, до наших дней (см. рис. на с. 312).

Иногда схему филогенеза приходится перестраивать: палеонтологическая находка, ранее считавшаяся промежуточным звеном, оказывается представителем боковой, слепо заканчивающейся ветви. Сейчас описано немногим более 130 тыс. видов ископаемых животных и растений, что составляет около 3% всех ныне живущих видов. В то же время считают, что из общего числа живших на Земле видов сейчас существует не более 1—2%. Это означает, что палеонтологи обнаружили менее одной тысячной доли всех видов, живших на Земле. Часто в филетических рядах и родословных древах вместо реальных предков приходится подставлять их гипотетическую реконструкцию.

Тем не менее общую схему филогенеза крупных систематических единиц часто удается установить. Сначала у какого-нибудь вида предковой группы появляется признак, позволяющий внедриться в новую приспособительную, адаптивную зону (выход древних кистеперых рыб на берега водоемов и превращение их в земноводных, возврат таких групп, как ихтиозавры, пингвины, китообразные, в океан, выход многопалых предков лошадей из болот, кустарников и лесов в степи и т. д.). Уже в новой зоне начинается расхождение потомков исходного вида по *экологическим нишам* — «профессиям» вида, часто весьма узким. Гепард, например, самый быстрый бегун среди кошачьих, охотится только на мелких антилоп — газелей. Чем обширнее зона, чем больше в ней может поместиться экологических ниш, тем шире идет видообразование в новой группе (см. *Вид и видообразование*). Однако в каждом отдельном случае приходится разгадывать элементы этой схемы, и филогенетикам предстоит еще много работы в будущем.



Гиббереллин ускоряет образование цветоноса и тем самым переход растения к цветению. Рудбекия, верхушечная почка которой обрабатывалась гиббереллином (*слева*), и контрольное растение, посаженные одновременно.

Опрыскивание гиббереллововой кислотой соцветий винограда (50 мг/л) влияет на форму и размер грозди (*слева*). *Справа* — контроль.

ФИТОГОРМОНЫ

Фитогормоны (от греческих слов phyton — растение, hormao — двигаю, побуждаю) — органические низкомолекулярные вещества различной химической природы, регулирующие *рост* и развитие растений. К растительным *гормонам* относят ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен и абсцизовую кислоту. Они, как правило, образуются в молодых растущих органах в незначительных количествах и затем транспортируются в другие части растения, вызывая усиление или подавление их роста, а также переход растений к цветению, корне- и плодообразованию, покою или, наоборот, тормозя эти явления.

Обрабатывая фитогормонами различные *органы растений,* а также части органов, ученые выяснили, на какие процессы действует тот или иной гормон.

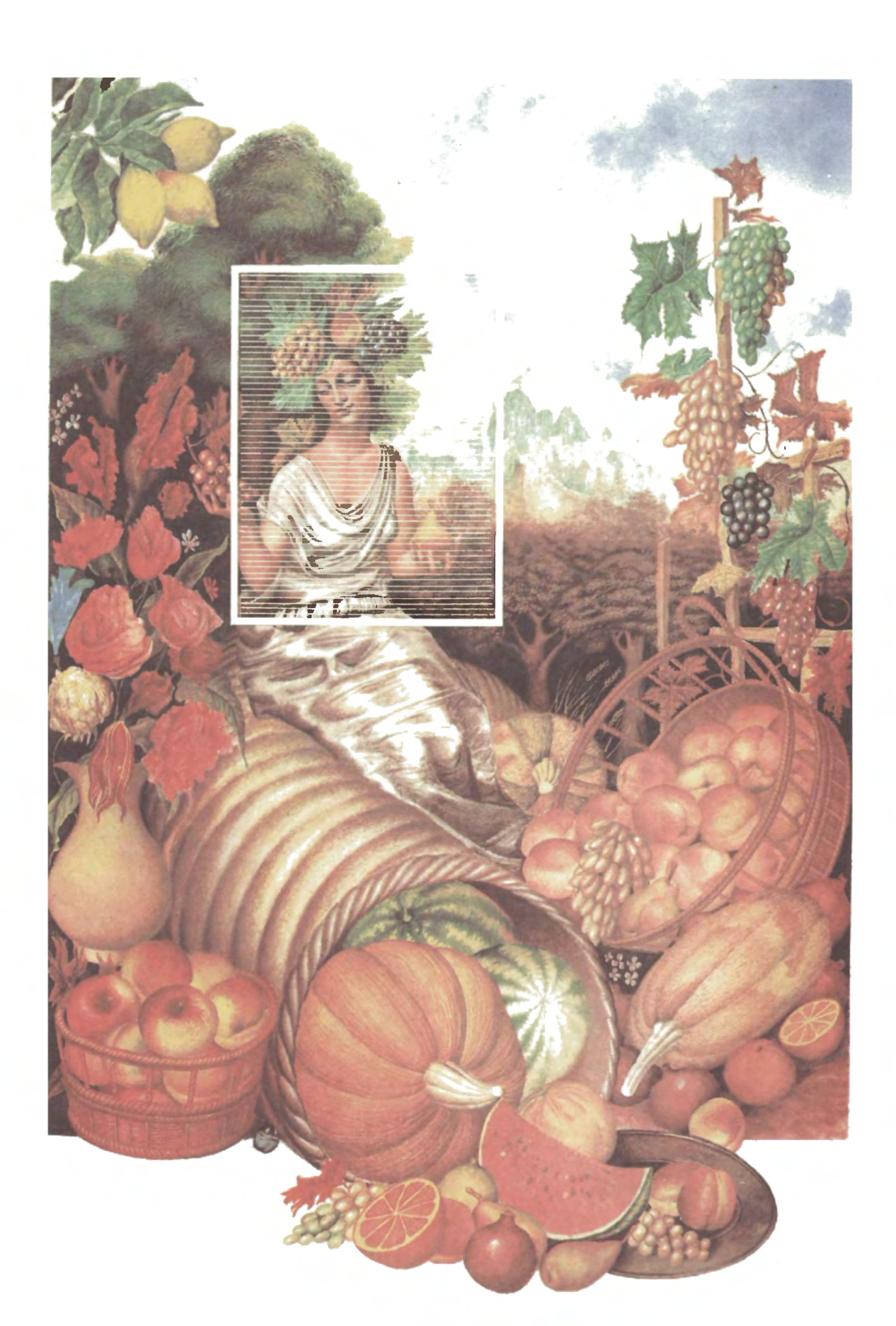
При обработке гиббереллином можно получить пятиметровые растения конопли и капусты, а также увеличение вдвое урожая бескосточковых сортов винограда. С помощью ауксина можно укоренить трудно укореняемые черенки ценных декоративных, плодовых и комнатных растений. Цитокинин, нанесенный, например, на половину листа табака, долгое время сохраняет ее зеленой, задерживая старение. При добавлении его к среде с культурой изолированной верхушечной почки герберы получают так много боковых почек, что из них вырастает целая оранжерея прекрасных цветов. Абсцизовая же кислота и этилен вызывают торможение процессов деления, растяжения и дифференцировки клеток, задерживают рост различных органов растения, ускоряют их старение и опадение, вызывают покой семян и почек. Этилен ускоряет созревание плодов. Абсцизовая кислота регулирует открывание устьиц, т. е. процессы *фотосинтеза* и водного обмена у растений.

На основе природных фитогормонов созданы синтетические регуляторы роста, которые широко применяются в сельском хозяйстве.

ФЛОРА

Флора в древнеримской мифологии — богиня цветов, весны, юности. Латинское слово flos означает «цветок». Позднее, в XVII—XVIII вв., когда появилась мода украшать научные труды аллегорическими заглавиями, название «Флора» стали давать книгам, посвященным описанию растительного мира какой-либо области. В наше время флорой называют все множество видов растений, которые произрастают на какой-либо определенной территории.

Характеризуют флору либо полным перечнем (т. е. списком названий) этих видов, либо только указывая их число. Так как охватить все разделы мира растений даже на небольшой территории обычно невозможно, то чаще ограничиваются каким-либо одним разделом и говорят, например, о флоре сосудистых растений, флоре мхов, флоре водорослей. Понятие флоры может быть также ограничено определенными жизненными формами (травянистая флора, древесно-кустарниковая флора) и условиями произрастания (лесная, степная, водная, сорная, культурная флора; или арктическая, умеренная, тропическая, альпийская флора и т. д.). Но всегда термин «флора» подразумевает, во-первых, полноту исчисления видов данного раздела, а во-вторых, оп-



ределенную территорию, для которой это исчисление производится.

Исследование флоры называют флористикой, а ботаников, занимающихся таким исследованием, — флористами. Поскольку для изучения флоры необходимо уметь различать виды, роды, семейства, флористика тесно связана с *систематикой* растений. А изучение приуроченности видов к определенным территориям сближает флористику с географией растений.

Необходимое средство изучения флоры — гербаризация. Гербарии, особенно крупные, находящиеся в специальных ботанических учреждениях,— это основное хранилище флористической документации и основа для подготовки трудов, посвященных описанию флоры.

В этих трудах кроме систематического перечня видов (т. е. по семействам и родам) обычно содержатся также таблицы (ключи) для определения семейств, родов и видов, характеристика распространения видов в пределах данной территории, а часто также и описания морфологии (строения) растений. Если основной объем книги занимают таблицы для определения, ее обычно называют определителем растений.

Во флоре всего земного шара насчитывается 250—300 тыс. видов ныне живущих сосудистых растений (из них 15 тыс. папоротникообразных, 25 тыс. мохообразных). Наиболее богата флора тропических стран, а по направлению к полюсам она беднеет. Чем разнообразнее географические условия страны, тем богаче ее флора. В частности, флора горных стран богаче флоры равнинных. Из крупных естественных регионов СССР наиболее богатую флору имеют Кавказ и Средняя Азия — по 6 тыс. видов сосудистых растений; в средней полосе — около 3 тыс. видов.

Кроме числового показателя флора любой территории характеризуется и конкретным составом видов растений, отличающимся от других территорий. Каждый вид имеет свою собственную область обитания (*ареал*) — то более,

ВЛАДИМИР ЛЕОНТЬЕВИЧ КОМАРОВ (1869—1945)



Советский ботаник и географ, организатор науки академик Владимир Леонтьевич Комаров еще в школьные годы начал самостоятельно изучать *флору* Новгородской губернии, хотя в гимназии, где он учился, биология не преподавалась. После второго и третьего курсов Петербургского университета он совершил самостоятельные экспедиции в районы Средней Азии, почти недоступные в те времена: долину реки Зеравшан, Зеравшанский хребет и песчаную пустыню Каракумы.

Окончив университет, Владимир Леонтьевич три года путешествовал по Дальнему Востоку, изучая растительный мир Амурской области и Маньчжурии. Из этих путешествий он вывез огромный материал: научные наблюдения, записи и гербарные сборы — и вскоре выпустил в свет капитальный трехтомный труд «Флора Маньчжурии» (1901—1907).

В эти годы Комаров написал важные теоретические работы, посвященные проблеме вида. Он одним из первых показал, что вид следует понимать не как отвлеченный комплекс признаков, а как реальное множество организмов, существующих в конкретной для каждого вида природной обстановке.

Продолжив исследования флоры Дальнего Востока, Комаров выпустил в свет трехтомную «Флору полуострова Камчатки» (1927—1930) и двухтомный «Определитель растений Дальнего Востока» (1931—1932).

Под руководством Комарова в 1931 г. был создан Ботанический институт Академии наук СССР. С тех пор это ведущее ботаническое учреждение в нашей стране и одно из ведущих в мире. С 1940 г. институт носит имя В. Л. Комарова. По инициативе и под редакцией Комарова было начато издание одного из крупнейших за всю историю ботаники трудов — «Флора СССР» (30 томов, 1934—1960).

В. Л. Комаров впервые описал многие десятки видов растений; десятки видов, описанных другими исследователями, были названы в честь Комарова.

Его исследования посвящены также вопросам *эволюции* растительного мира и теории систематики.

В. Л. Комаров долгие годы преподавал в Петербургском (позднее Ленинградском) университете, где создал ряд оригинальных курсов и учебных пособий. В 1936—1945 гг., будучи президентом Академии наук СССР, организовал систему филиалов и баз академии, из которых потом возникли академии наук союзных республик, руководил деятельностью академии в период Великой Отечественной войны. Владимир Леонтьевич был удостоен звания Героя Социалистического Труда, лауреата Государственных премий СССР.

Академия наук СССР учредила премию имени В. Л. Комарова.

ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СУШИ

ГОЛАРКТИЧЕСКОЕ ЦАРСТВО
ПАЛЕОТРОПИЧЕСКОЕ ЦАРСТВО
НЕОТРОПИЧЕСКОЕ ЦАРСТВО
КАПСКОЕ ЦАРСТВО
АВСТРАЛИЙСКОЕ ЦАРСТВО
ГОЛАНТАРКТИЧЕСКОЕ ЦАРСТВО
Границы царств
Ледники
0 2000 км



Флора Дальнего Востока богата растениями-эндемиками, т. е. встречающимися только здесь. ***На снимках:*** **рододендрон остроконечный и лилия даурская.**



то менее широкую, иногда почти точечную.

Понятие «флора» необходимо отличать от понятия «растительность». Последним обозначаются типы строения растительного покрова (лес, луг, степь, саванна и т. п.), тогда как флора характеризует только видовой состав растительного покрова.

ФОТОСИНТЕЗ

Фотосинтез — это процесс поглощения организмами световой солнечной энергии и преобразования ее в химическую энергию. Кроме зеленых растений, водорослей к фотосинтезу способны и другие организмы — некоторые простейшие, *бактерии* (цианобактерии, пурпурные, зеленые, галобактерии). Процесс фотосинтеза у этих групп организмов имеет свои особенности.

При фотосинтезе под действием света с обязательным участием *пигментов* (хлорофилла — у высших растений и бактериохлорофилла — у фотосинтезирующих бактерий) из углекислого газа и воды образуется органическое вещество. У зеленых растений выделяется при этом кислород.

Все фотосинтезирующие организмы называются фототрофами, поскольку для получения энергии они используют солнечный свет. За счет энергии этого уникального процесса существуют все остальные, гетеротрофные организмы на нашей планете (см. *Автотрофы, Гетеротрофы*).

Процесс фотосинтеза идет в *пластидах клетки* — хлоропластах. Компоненты фотосинтеза — пигменты (зеленые — хлорофиллы и желтые — каротиноиды), *ферменты* и другие соединения — упорядоченно располагаются в *мембране* тилакоидов или строме хлоропласта.

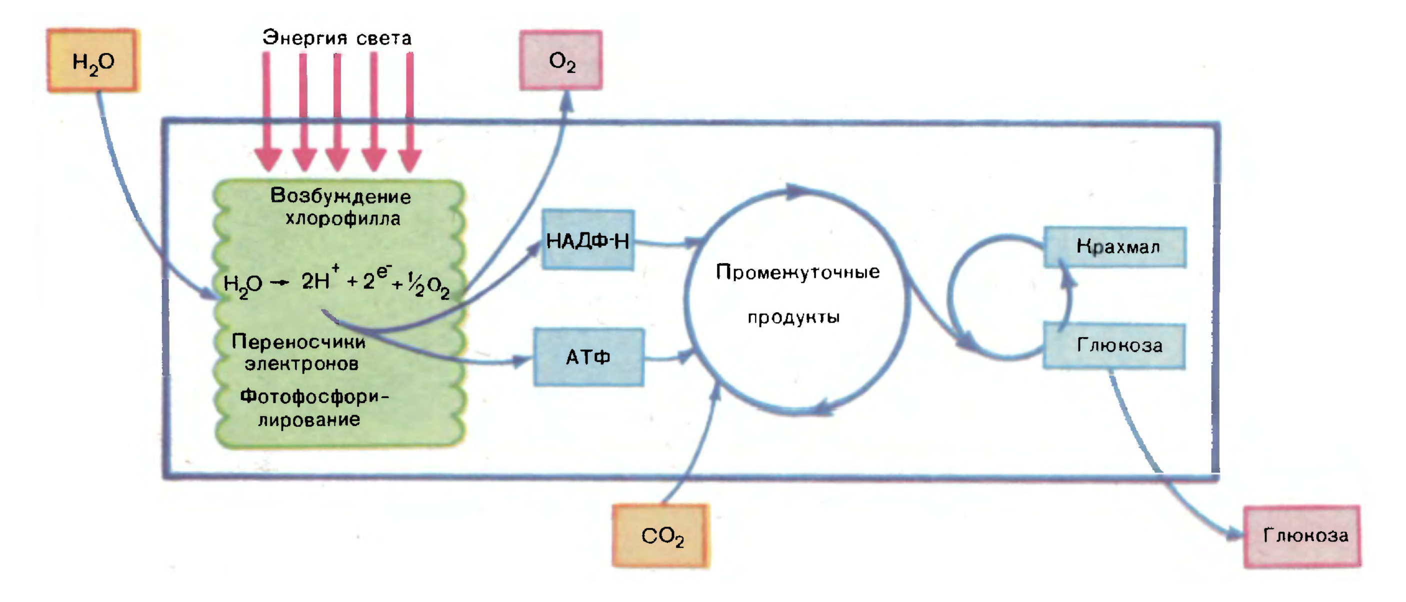
Молекула хлорофилла имеет систему сопряженных двойных связей, благодаря чему при поглощении кванта света она способна перейти в возбужденное состояние, т. е. один из ее электронов изменяет свое положение, поднимаясь на более высокий энергетический уровень. Это возбуждение передается так называемой основной молекуле хлорофилла, которая способна к разделению заряда: отдает электрон акцептору, который отправляет его по системе переносчиков в электронно-транспортную цепь, где электрон отдает энергию в окислительно-восстановительных реакциях. За счет этой энергии протоны водорода «перекачиваются» с внешней стороны мембраны тилакоидов на внутреннюю. Образуется разность потенциалов водородных ионов, энергия которой идет на синтез АТФ (см. *Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)*). Образование АТФ в процессе фотосинтеза называется фотофосфорилированием в отличие от окислительного фосфорилирования, т. е. образования АТФ за счет процесса *дыхания*.

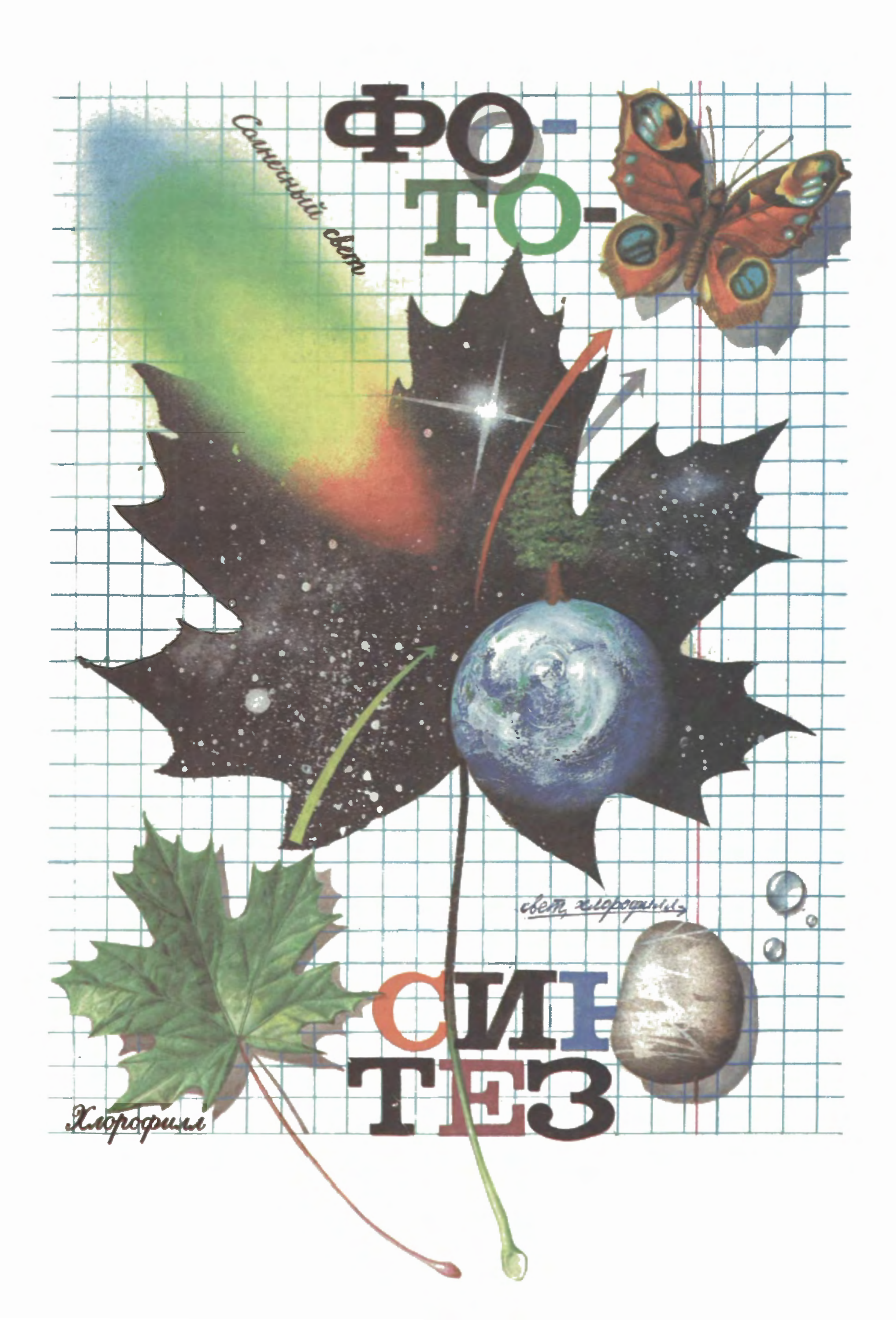
Молекула хлорофилла, отдавая электрон, окисляется. Возникает так называемая электронная недостаточность. Чтобы процесс фотосинтеза не прерывался, она должна быть возмещена другим электроном. Откуда же он берется? Оказывается, источник электронов, а также протонов (помните, они создают разность потенциалов по обе стороны мембраны) — вода. Под действием солнечного света, а также с участием особого фермента зеленое растение способно фотоокислять воду:

$$2H_2O \xrightarrow[\text{фермент}]{\text{свет}} 2H^+ + 2\bar{e} + 1/2O_2 + H_2O$$

Полученные таким образом электроны заполняют электронную недостаточность в молекуле хлорофилла, протоны же идут на восстановление НАДФ (активной группы ферментов, транспортирующих водород), образуя еще один энергетический эквивалент НАДФ · Н в допол-

Схема фотосинтеза.




ФО-
ТО-
СИН
ТЕЗ
Солнечный свет
свет, хлорофилл
Хлорофилл

нение к АТФ. Помимо электронов и протонов при фотоокислении воды образуется кислород, благодаря которому атмосфера Земли пригодна для дыхания.

Энергетические эквиваленты АТФ и НАДФ·Н расходуют свою энергию макроэргических связей на нужды клетки — на движение цитоплазмы, транспорт ионов через мембраны, синтез веществ и т. д., а также обеспечивают энергией темновые биохимические реакции фотосинтеза, в результате которых синтезируются простые *углеводы* и крахмал. Эти органические вещества служат субстратом для дыхания или расходуются на рост и накопление биомассы растения.

Продуктивность сельскохозяйственных растений тесно связана с интенсивностью фотосинтеза.

КЛИМЕНТ АРКАДЬЕВИЧ ТИМИРЯЗЕВ (1843—1920)



На памятнике в Москве, у Никитских ворот, Тимирязев изображен строгим, в длинной средневековой одежде почетного доктора старейшего в Англии Кембриджского университета. Но в жизни, по свидетельству современников, это был веселый, легкий, обаятельный, «солнечный» человек. Может быть, потому, что главным делом его жизни было исследование действия солнечных лучей на растение. Блестящими опытами Тимирязев показал, как растение усваивает солнечные лучи и они превращаются в ту зеленую массу, которая служит основой существования всего животного мира на Земле (см. *Фотосинтез*). Тимирязев называл растения «солнечными консервами».

Климент Аркадьевич был замечательным человеком. Он родился в обеспеченной дворянской семье, но никогда не пользовался ни богатством, ни влиянием родителей. Тимирязев с гордостью говорил: «С пятнадцатилетнего возраста моя левая рука не израсходовала ни одного гроша, которого не заработала бы правая».

Уже первые научные работы принесли Тимирязеву известность, он стал одним из самых молодых профессоров. Свои знания и силы он употребил на то, чтобы приблизить науку к народу, считая долгом ученого вооружать народ знаниями, чтобы он мог бороться за лучшую жизнь. Перед собой Климент Аркадьевич поставил задачу: «Работать для науки, писать для народа». Большинство его книг были составлены из публичных лекций, которые ученый читал в Политехническом музее. Их посещали школьники, ремесленники, мелкие служащие, рабочие. Тимирязев не просто доходчиво рассказывал о своих исследованиях, но и показывал всем понятные опыты. Замечательная книга Тимирязева «Жизнь растения» так и называется: «Десять общедоступных чтений».

Особое значение имела деятельность Тимирязева для пропаганды передового учения *Ч. Дарвина*. Против *дарвинизма* выступали церковь, чиновники, которым было подчинено народное образование. Тимирязева травили реакционные газеты, его увольняли из учебных заведений, но ученого это не останавливало. Продолжались публичные лекции, выходили книги, строго научные по содержанию, но написанные увлекательным, понятным языком.

К. А. Тимирязев приветствовал Советскую власть, активно помогал ей в деле просвещения народа, москвичи избрали его членом Московского Совета.

Советский народ чтит память замечательного ученого и просветителя, одного из основоположников русской школы физиологов растений. Его имя носит Московская сельскохозяйственная академия. Есть музей Тимирязева, есть улицы, названные его именем. Одним из первых памятников, поставленных при Советской власти, был памятник К. А. Тимирязеву.

Х, Ц, Ч, Ш

ХЕМОСИНТЕЗ

В природе органическое вещество создают не только зеленые растения путем *фотосинтеза,* но и *бактерии,* не содержащие хлорофилл. Этот автотрофный процесс называется хемосинтезом, потому что осуществляется он за счет энергии, выделяющейся при химических реакциях окисления различных неорганических соединений: водорода, сероводорода, аммиака, закиси железа и др. Энергия, получаемая при окислении, запасается в организме в форме АТФ. Хемосинтез был открыт русским микробиологом С. Н. Виноградским в 1887 г.

Многие хемосинтезирующие бактерии имеют важное народнохозяйственное значение.

В водоемах, вода которых содержит сероводород, живут бесцветные серобактерии. Энергию, необходимую для синтеза органических веществ, они получают, окисляя сероводород. При недостатке сероводорода идет дальнейшее окисление серы до серной кислоты. Серобактерии участвуют в очистке сточных вод, содержащих соединения серы. Их также используют для выделения металлов из сульфидных руд. Но они могут принести и ущерб — вызывать разрушение железных и бетонных конструкций.

Бактерии, добывающие энергию путем окисления аммиака и азотистой кислоты, называют нитрифицирующими. Они играют важную роль в круговороте азота в природе (см. *Круговорот веществ в природе*), а также являются фактором плодородия почвы. Многие хемосинтезирующие бактерии окисляют водород. Они называются водородными бактериями. Железобактерии окисляют неорганические и комплексные органические соединения железа до гидрата окиси железа, что способствует образованию поверхностных железняков и отложению морских руд.

ХРОМОСОМЫ

Хромосомы — структурные элементы *ядра клетки эукариот,* содержащие ДНК, в которой заключена наследственная информация организма (см. *Нуклеиновые кислоты*). Они интенсивно окрашиваются основными красителями, поэтому немецкий ученый В. Вальдейер в 1888 г. и назвал их хромосомами (от греческих слов chrôma — цвет и soma — тело). Хромосомой также часто называют кольцевую ДНК *бактерий,* хотя структура ее иная, чем у хромосом эукариот.

ДНК в составе хромосом может быть уложена с разной плотностью, в зависимости от их функциональной активности и стадии *клеточного цикла.* В связи с этим различают два состояния хромосом — интерфазные и митотические.

Митотические хромосомы образуются в клетке во время *митоза.* Это неработающие хромосомы, и молекулы ДНК в них уложены чрезвычайно плотно. Достаточно сказать, что общая длина метафазных хромосом примерно в 10^4 раз меньше, чем длина всей ДНК, содержащейся в *ядре.* Благодаря такой компактности митотических хромосом обеспечивается равномерное распределение генетического материала между дочерними клетками при митозе.

Интерфазными называются хромосомы (хроматин), характерные для стадии интерфазы клеточного цикла. В отличие от митотических это работающие хромосомы: они участвуют в процессах *транскрипции* и репликации. ДНК в них уложена менее плотно, чем в митотических хромосомах.

Помимо ДНК хромосомы содержат также белки двух видов — гистоны (с щелочными свойствами) и негистоновые белки (с кислотными свойствами), а также РНК. Гистонов всего 5 видов, негистоновых белков значительно больше (около сотни). Белки прочно связаны с молекулами ДНК и образуют так называемый дезоксирибонуклеопротеиновый комплекс (ДНП). Белки определяют, вероятно, основную укладку ДНК в хромосоме, участвуют в репликации хромосомы и регуляции транскрипции.

Большинство клеток каждого вида животных и растений имеют свой постоянный двой-

Рис. 1. Кариотипы разных видов животных и растений: *а* — **речной рак ($2n=196$);** *б* — **комар ($2n=6$),** *в* — **саламандра ($2n=34$);** *г* — **алоэ (семейство лилейных).**

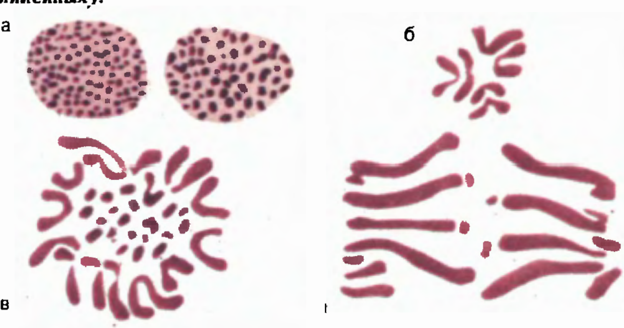
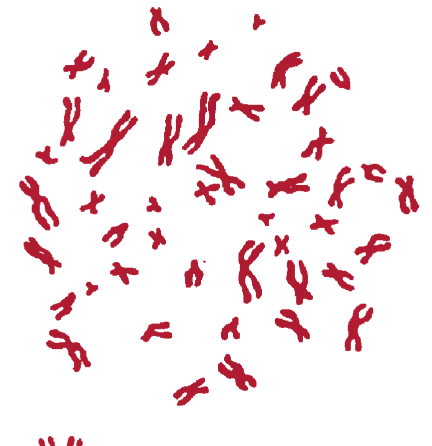


Рис. 2. Кариотип человека (мужчина). Хромосомы расположены в порядке убывающей величины: *1—22* — соматические хромосомы; XY — половые хромосомы.



1 2 3 4 5 6
7 8 9 10 11 12
13 14 15 16 17 18
19 20 21 22 XY

ной (диплоидный) набор хромосом, или кариотип, который составлен из двух одинарных (гаплоидных) наборов, полученных от отца и от матери (см. *Мейоз, Оплодотворение*). Он характеризуется определенным числом, размером и формой митотических хромосом (рис. 1).

Число хромосом у разных видов различно.

Рис. 3. Схема общей морфологии хромосом: *а* — метацентрическая (равноплечая) хромосома; *б* — субметацентрическая (неравноплечая) хромосома; *в* — акроцентрическая (неравноплечая) хромосома; *г* — хромосома, имеющая вторичную перетяжку; *т* — теломера; *ц* — центромера; *яор* — ядрышкообразующий район.

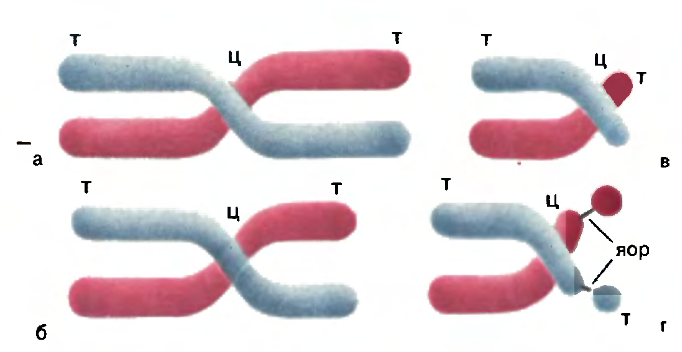
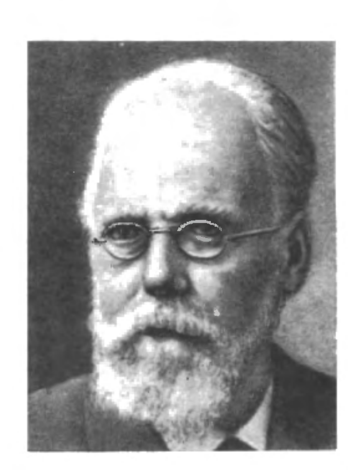


Рис. 4. Хромосома при дифференциальной окраске в световом микроскопе (*а*) и схематическое изображение той же хромосомы (*б*). В плечах хромосомы видно чередование светлых и темных полос, расположенных симметрично в сестринских хроматидах.





АВГУСТ ВЕЙСМАН (1834—1914)



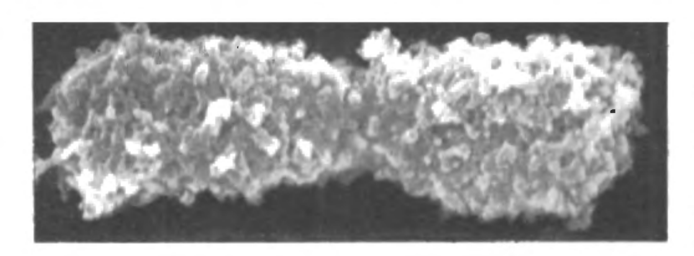
Профессор зоологии из немецкого города Фрейбурга Август Вейсман бо́льшую часть жизни посвятил исследованиям в области цитологии, что вполне понятно: во второй половине XIX в. к *клетке* было приковано внимание большинства биологов.

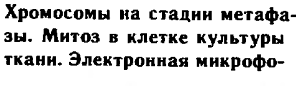
Вейсмана больше всего в клетке интересовали *хромосомы*. Поведение хромосом при делении клеток натолкнуло Вейсмана на мысль, что именно они являются материальным субстратом *наследственности*, передаваясь от клетки к клетке, из поколения в поколение. Вейсман подметил, что даже в тех случаях, когда размеры и форма хромосом в разных клетках организма меняются, в зародышевых клетках, из которых образуются половые клетки, хромосомы стабильны. Это и обеспечивает, по мнению Вейсмана, передачу наследственных свойств от родителей к потомкам.

Усердные занятия ученого с микроскопом резко ухудшили его зрение. Вейсману пришлось оставить цитологию, и он занялся проблемами общей биологии. Именно эти его труды сейчас наиболее известны, хотя он сам считал их вынужденными.

Вейсман считается основателем неодарвинизма, существенно углубившего основы теории *Ч. Дарвина*. Во времена Дарвина и много позже ученые полагали, что приобретенные при жизни признаки передаются по наследству. Даже Дарвин, следуя общему убеждению, признавал это, хотя с большой неохотой: он понимал, что таким образом умаляется значение *естественного отбора* и происходит возврат назад к учению *Ж. Б. Ламарка*. Вейсман задался вопросом, над которым до него никто не задумывался: кто доказал наследование

Рис. 5. Вид метафазной хромосомы в сканирующем электронном микроскопе. Видны фибриллы ДНП разного диаметра. Увеличение в 20 тыс. раз.





Хромосомы на стадии метафазы. Митоз в клетке культуры ткани. Электронная микрофотография. Увеличение в 4 тыс. раз.

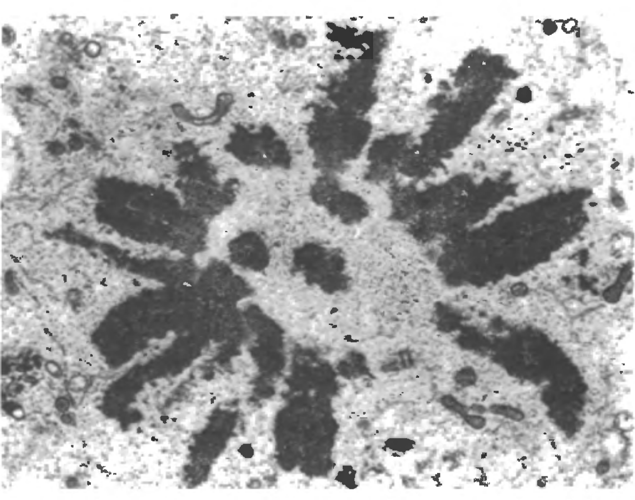
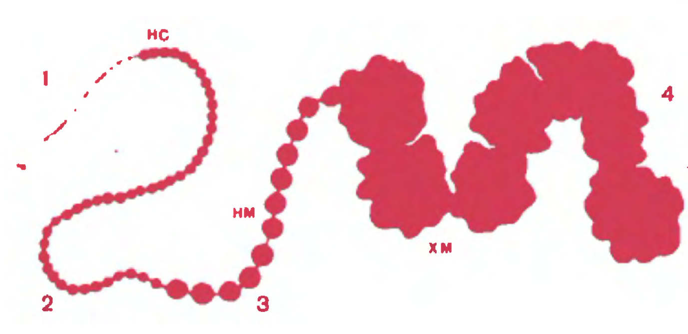
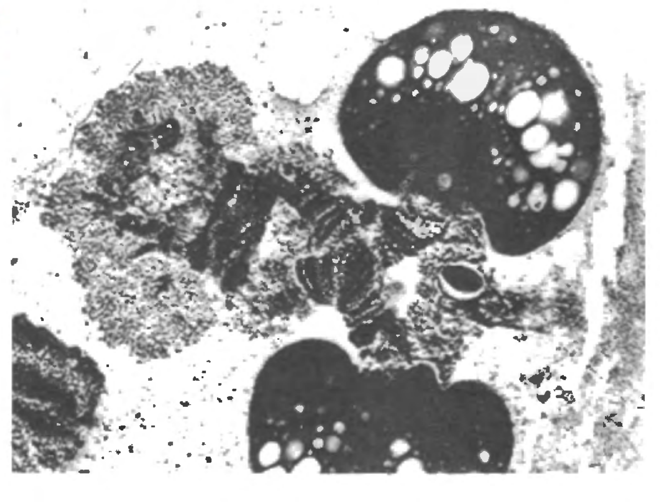


Рис. 6. Схема структурных уровней организации митотической хромосомы: *1* — нить ДНК; *2* — нуклеосомная фибрилла, состоящая из нуклеосом (*нс*); *3* — нуклеомерная фибрилла, состоящая из нуклеомеров (*нм*); *4* — хромонема, образованная плотно уложенными хромомерами (*хм*).



Ультраструктура многонитчатой (политенной) хромосомы и ядрышка. Клетка слюнной железы мотыля. Увеличение в 3 тыс. раз.



Например, клетки одного из видов нематод содержат всего 2 хромосомы, а радиолярии — 1000—1600. В клетках человека диплоидный набор составляют 46 хромосом (рис. 2).

Форма хромосомы определяется положением первичной перетяжки (центромеры), которая делит ее на два равных или неравных по длине плеча (рис. 3). Некоторые хромосомы имеют вторичные перетяжки, в которых находятся рибосомные *гены*. Они принимают участие в образовании ядрышка в интерфазе.

Длина хромосом варьирует в разных клетках от 0,2 до 50 мкм, диаметр — от 0,2 до 2 мкм. Наиболее крупные хромосомы у растений имеют представители семейства лилейных, у животных — некоторые амфибии. Длина большинства хромосом человека 2—6 мкм.

Для определения различных хромосом в наборе используют метод дифференциального окрашивания, позволяющий идентифицировать (выявлять строго постоянные участки) каждую из хромосом (рис. 4).

В состав хромосом большинства организмов входит одна непрерывная молекула ДНК, образующая несколько уровней организации (рис. 6). Первый уровень — это нить ДНП диаметром 10 нм, состоящая из «бусин» — нуклеосом. Одна нуклеосома — это частица, содержащая 8 молекул гистонов, на которую навернут участок ДНК длиной около 50 нм (около 140 пар нуклеотидов). Нуклеосомы собраны в более крупные «бусины», из которых формируется нить ДНП диаметром 20—30 нм. Она образует толстую нить диаметром 0,1—0,3 мкм — хромонему, состоящую из крупных «бусин» — хромомеров. Плотно уложенная хромонема формирует тело митотической хромосомы (рис. 5, 6).

приобретенных признаков? Что если это кажущаяся очевидность — лишь заблуждение, подобно наблюдаемому движению Солнца по небесному своду? Вейсман поставил простой опыт — он отрезал у мышей хвосты в 22 поколениях, и хвосты не укоротились даже на миллиметр. Вполне понятно почему — ведь хромосомы в клетках зародышевого пути, дающие начало яйцеклеткам и сперматозоидам, из которых возникнет новое поколение, остались без изменений. Если же изменить каким-либо образом зародышевые клетки (зародышевую плазму, как говорил Вейсман), тогда наследственность изменится.

Многие из теоретических положений Вейсмана не выдержали испытания временем. Но главные его идеи до сих пор являются основой современной генетики и теории *эволюции*.

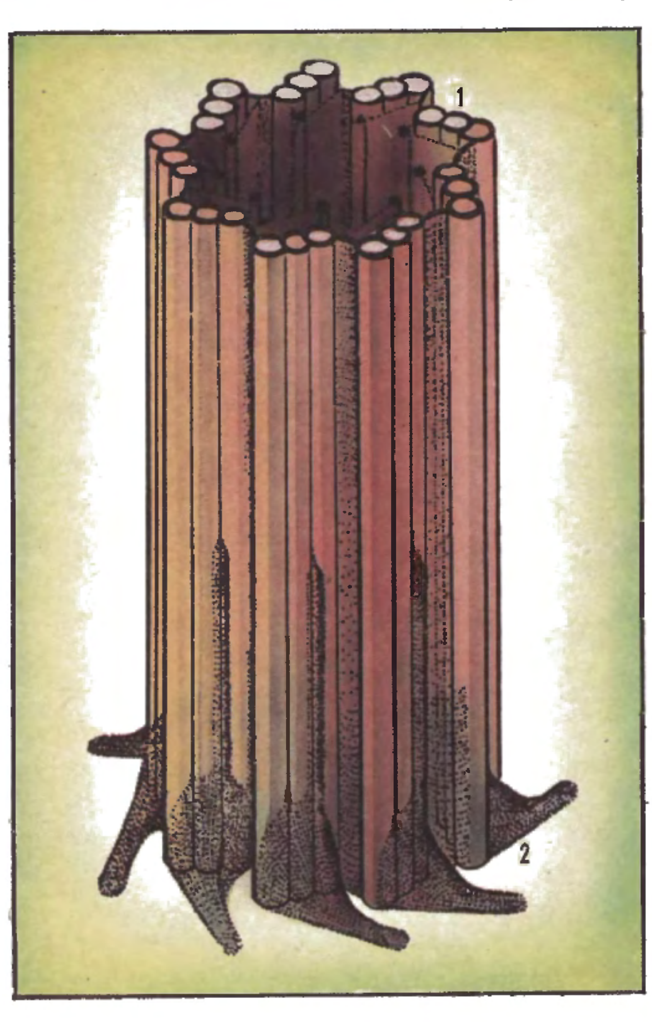


Схема строения центриоли: *1* — строенные микротрубочки; *2* — придатки.

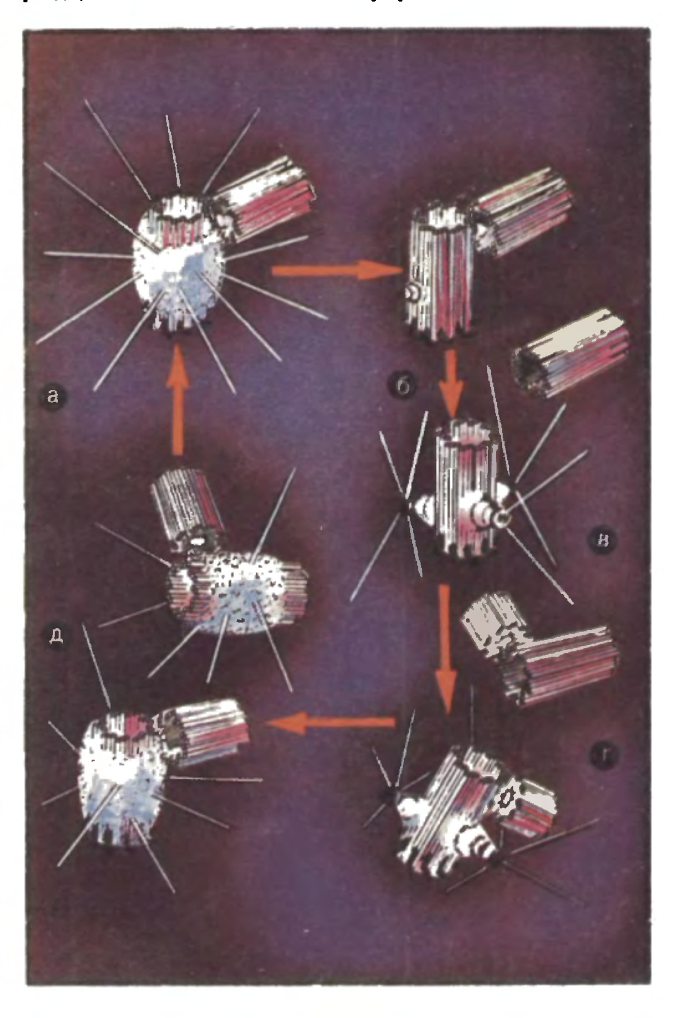


Схема организации центриолярного аппарата в клеточном цикле: *а* — метафаза и телофаза; *б* — начало интерфазы; *в* — G_1 — 1-я половина S-периода; *г* — 2-я половина S-периода — 1-я половина G_2-периода; *д* — конец G_2-периода, профаза.

ЦЕНТРИОЛИ И БАЗАЛЬНЫЕ ТЕЛЬЦА

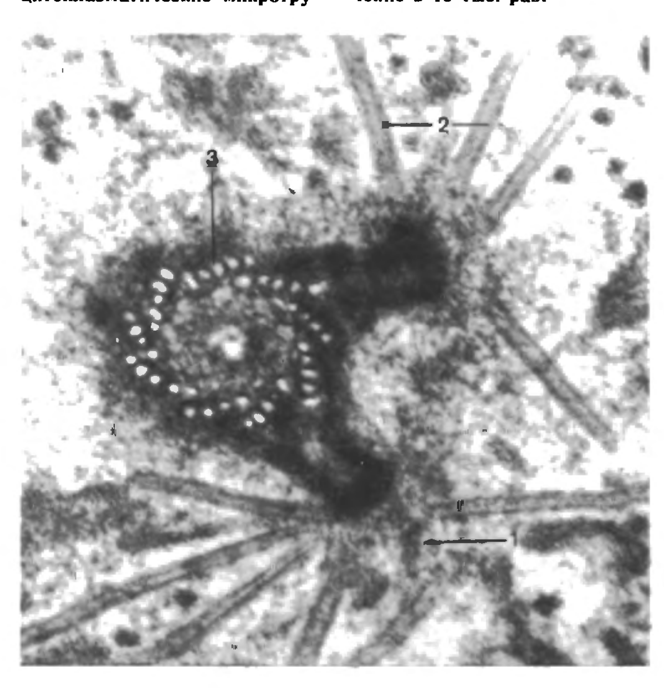
Центриоль — органоид *клеток* животных (кроме некоторых простейших) и низших растений (некоторых водорослей и мхов). В отличие от остальных клеточных органоидов у центриоли четкая радиально-симметричная структура, почти одинаковая для всех организмов.

Диаметр центриоли 0,2 мкм, а длина — от 0,2 до 0,6 мкм. Наиболее заметный ее компонент — 9 строенных *микротрубочек,* расположенных строго упорядоченно по периферии. Микротрубочки соединены между собой системой связок, а снаружи одеты чехлом из бесструктурного материала — матриксом. Ажурная структура центриолей передается от одной клетки к двум дочерним своеобразным способом, который получил название репликации (удвоения). В отличие от репликации ДНК, где половинки исходной молекулы служат матрицами для образования двух новых молекул, старые центриоли не являются матрицами для новых.

В нормальной клетке всего 2 центриоли. Они реплицируются при подготовке клетки к делению во время синтеза ДНК (см. *Клеточный цикл*). Около каждой из этих центриолей появляется по одной коротенькой дочерней, которые располагаются либо под прямым углом к материнским, либо торец в торец. Дочерние центриоли растут и после деления клетки отходят от материнских и созревают в течение всего клеточного цикла. Таким образом, как установлено, после деления в клетку попадает одна зрелая и одна незрелая центриоль.

В клетках центриоли входят в состав клеточного центра — области цитоплазмы, откуда берут свое начало большинство, если не все, микротрубочки клетки. Во время *митоза* центриоли определяют местоположение полюсов веретена. В то же время сами центриоли с микротрубочками не контактируют, но вокруг центриолей располагается некая субстанция, индуцирующая рост микротрубочек: во время митоза — микротрубочек веретена, а в интерфазе — цитоплазматических микротрубочек. В некоторых случаях центриоли могут образовывать ресничку (см. *Жгутики и реснички*), и тогда их микротрубочки, надстраиваясь, дают микротрубочки аксонемы. В клетках ресничного эпителия центриоли, многократно реплицируясь, дают начало базальным тельцам. Предполагают, что центриоли осуществляют координацию поведения всей клетки, в особенности ее *цитоскелета.*

Поперечный срез центриоли в неделящейся клетке: 1 — перицентриолярные сателлиты; 2 — цитоплазматические микротрубочки; 3 — триплеты микротрубочек центриоли. Электронная микрофотография. Увеличение в 15 тыс. раз.



Базальные тельца по своей структуре близки к центриолям, но они, как правило, несколько длиннее (0,5—0,7 мкм, могут достигать 8 мкм). Это высокоспециализированные органоиды, которые присутствуют только в клетках, имеющих реснички (жгутики). По своему происхождению базальные тельца не всегда связаны с центриолями (например, они есть в лишенных центриолей клетках инфузорий) и образуются различными способами. Главная функция базального тельца — образование реснички (жгутика). Базальные тельца, прикрепляясь к *мембране клетки,* определяют местоположение ресничек, от их микротрубочек берут начало аксонемы ресничек.

Биохимический состав центриолей и базальных телец не вполне ясен. Они не содержат ДНК, имеют немного РНК и различные *белки* (включая тубулин).

ЦИТОСКЕЛЕТ

Цитоскелет — это опорно-двигательная система *клеток эукариот,* образованная нитчатыми белковыми структурами. Он поддерживает форму клетки, подавляет внутри клетки броуновское движение частиц и обеспечивает направленные перемещения самих клеток и клеточных органоидов.

Выделяют три основных компонента цитоскелета — *микротрубочки,* промежуточные филаменты и микрофиламенты. Все эти компоненты нестабильны. В клетке они постоянно подвергаются сборке и разборке, т. е. находятся в динамическом равновесии с соответствующими *белками.*

О микротрубочках вы прочтете в отдельной статье.

Микрофиламенты — нити толщиной 4—7 нм. Они состоят в основном из одного белка — актина (похожего, но не тождественного актину, входящему в состав мышечных волокон). В небольших количествах в их составе присутствуют некоторые другие белки. Подобно тубулину микротрубочек, актин из различных типов клеток имеет незначительные различия. Но в отличие от микротрубочек отдельные микрофиламенты в световой микроскоп не видны; можно видеть только места их скоплений.

Микрофиламенты в клетках животных создают сплошное сплетение под плазматической *мембраной* и связаны со многими ее белками. Они обеспечивают движение некоторых белков вдоль поверхности мембраны. Под поверхностью и в глубине клетки микрофиламенты могут образовывать сплошную трехмерную сеть (так называемый актиновый гель) либо толстые (до 1 мкм в диаметре) пучки. Пучки характерны для малоподвижных или почти неподвижных клеток. В клетках растений также встречаются пучки микрофиламентов — здесь они обеспечивают движение цитоплазмы.

Как у животных, так и у растений микрофиламенты могут взаимодействовать с другим белком мышечного типа — миозином. При этом система микрофиламентов способна сокращаться. Это происходит, например, при делении цитоплазмы животной клетки после *митоза,* когда образуется специальное сократительное кольцо из микрофиламентов, и оно перешнуровывает клетку на две части.

Промежуточные филаменты имеют толщину 8—11 нм. В отличие от микротрубочек и микрофиламентов они представлены разными белками в разных типах клеток (даже внутри одного организма). В клетках растений промежуточных филаментов, видимо, нет. Самостоятельные функции промежуточных филаментов ясны только для клеток ороговевающего эпителия, где из филаментов (состоящих из белка кератина) образуются толстые пучки, а затем, по мере отмирания клеток, из них образуются роговые чешуйки. В остальных случаях система промежуточных филаментов, вероятно, является дополнительной к микротрубочкам. Во всяком случае установлено, что в некоторых клетках расположение филаментов и микротрубочек может практически совпадать. При разрушении микротрубочек система филаментов постепенно перестраивается. Обратная же процедура — разрушение филаментов мало сказывается на системе микротрубочек и поведении клетки в целом. В живой клетке все компоненты цитоскелета работают взаимосвязанно, что подтверждается наличием прямых контактов между микрофиламентами, промежуточными филаментами и микротрубочками.

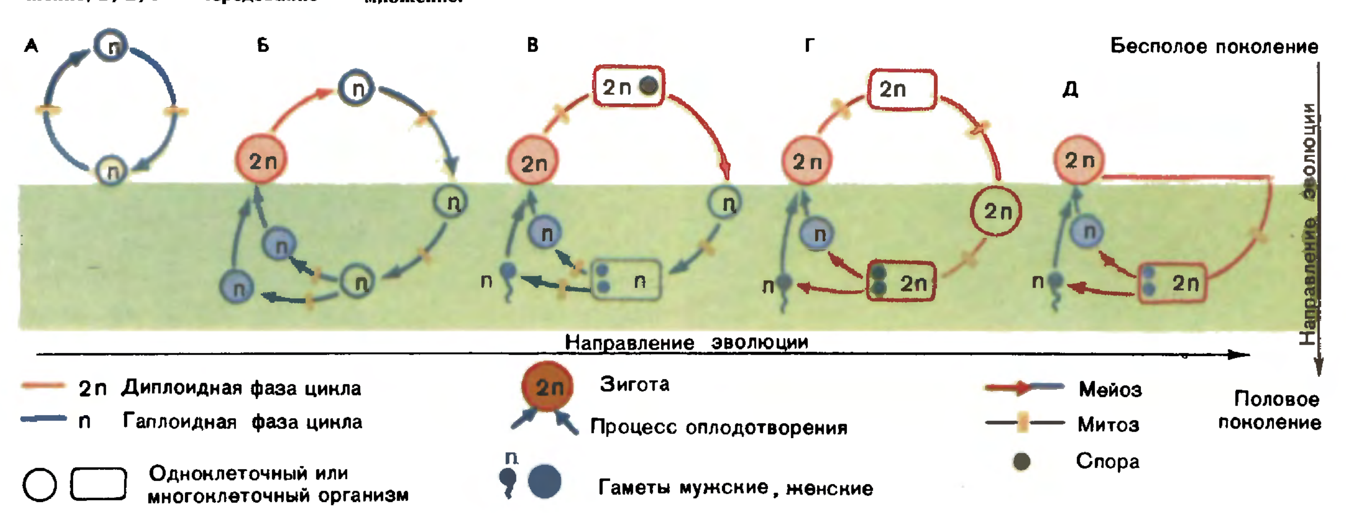


Рис. 1. Эволюция размножения. *А* — только бесполое размножение; *Б, В, Г* — чередование бесполого и полового поколений; *Д* — только половое размножение.

ЧЕРЕДОВАНИЕ ПОКОЛЕНИЙ

Чередование поколений — закономерная смена у организмов поколений, различающихся способом *размножения*. Организмы многих видов могут размножаться как бесполым, так и половым путем. В связи с этим говорят о бесполом и половом поколениях данного вида. Чередование этих поколений у растений и животных имеет много общих черт. Граница, разделяющая половое и бесполое поколения в цикле развития, — процесс *оплодотворения* (рис. 1). При этом в результате слияния гаплоидных (т. е. содержащих одинарный набор *хромосом*) *гамет* появляется диплоидная (т. е. содержащая двойной набор хромосом) зигота, и половое поколение переходит в бесполое.

И бесполое, и половое поколения могут иметь как одинарный, так и двойной набор *хромосом*: в зависимости от того, на какой стадии жизненного цикла происходит *мейоз*. При мейозе число хромосом уменьшается вдвое и диплоидный их набор переходит в гаплоидный. Мейоз и оплодотворение — это две вехи, разделяющие гаплоидную и диплоидную фазы в цикле развития.

В процессе *эволюции* в цикле развития закономерно уменьшается роль (продолжительность существования и размеры) гаплоидной фазы и увеличивается роль диплоидной фазы.

У споровиков и жгутиковых, многих водорослей и некоторых грибов диплоидная фаза представлена только зиготой, которая сразу претерпевает мейоз, образуя гаплоидные клетки (рис. 1, б и 2). У всех высших и некоторых низших форм (отдельные водоросли и грибы, инфузории) зигота делится путем *митоза*, поэтому бесполое поколение у них так же, как и зигота, диплоидное.

Так, у фораминифер из зиготы вырастает диплоидное бесполое поколение. В результате мейоза из него образуются гаплоидные клетки, из которых вырастает также гаплоидное половое поколение. Половое поколение в результате многократного деления ядра образует гаметы, которые, сливаясь попарно, дают зиготу (рис. 1, *в*). Процесс бесполого размножения у мохообразных, папоротникообразных и некоторых других растений происходит в результате рассеивания гаплоидных спор, возникающих при мейозе (рис. 1, *в* и 3). У таких видов процесс мейоза отделяет бесполое поколение (спорофит) от полового (гаметофит). Споры делятся митотически, образуя гаплоидное половое поколение.

У кишечнополостных и других многоклеточных животных происходит дальнейшее подавление гаплоидной фазы (рис. 1, *г*). У них дипло-

Рис. 2. Зеленая водоросль улотрикс: *1* — вегетативная нить; *2* — бесполое размножение водоросли при помощи зооспор; *3* — половое размножение путем образования гамет и слияния двух гамет в зиготу; *4* — зооспоры; *5* — гаметы; *6* — слияние гамет; *7* — зигота.

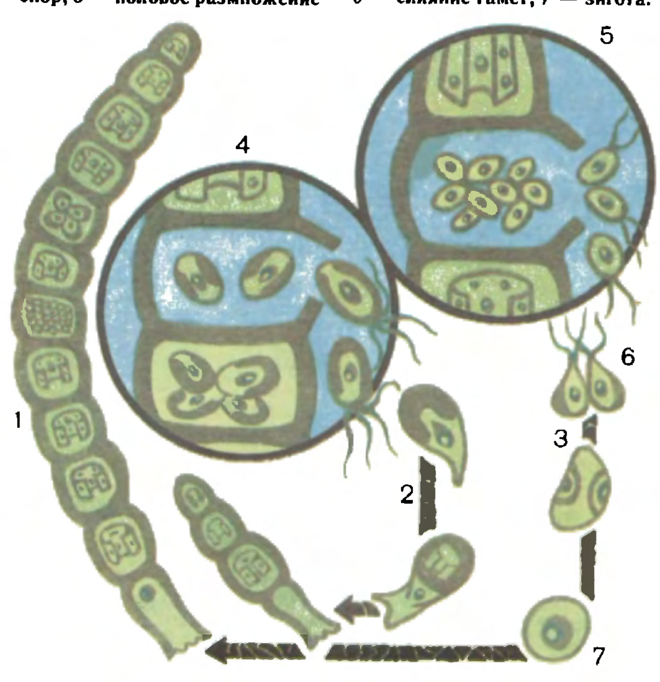
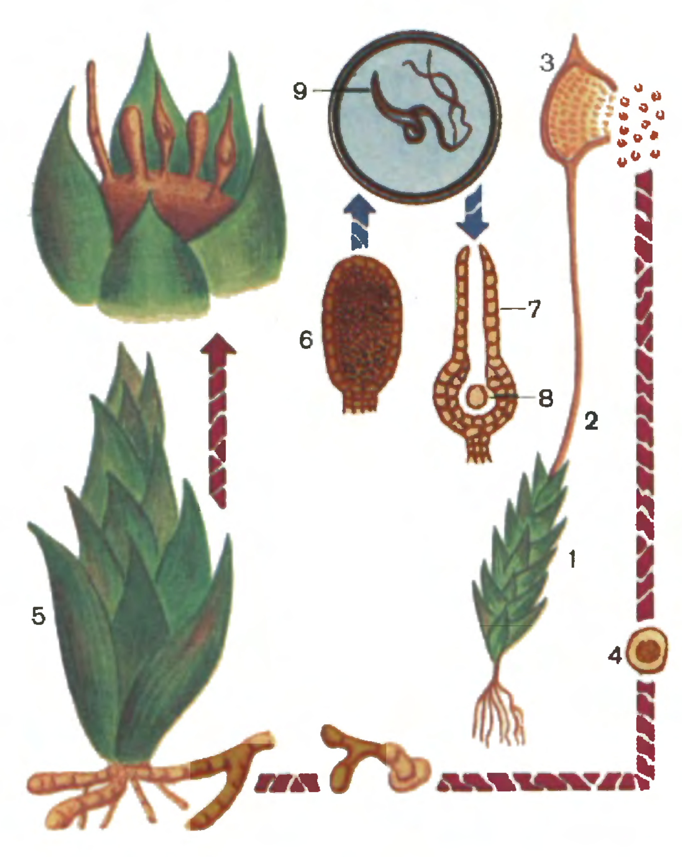
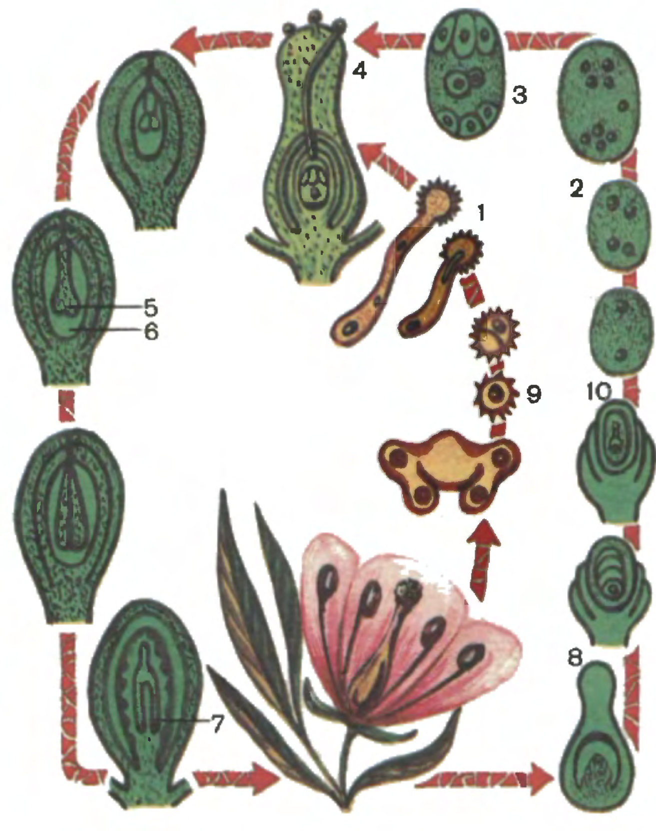


Рис. 3. Цикл развития мохообразных: 1 — гаметофит; 2 — спорофит; 3 — спорангий; 4 — спора; 5 — молодой гаметофит; 6 — антеридий; 7 — архегоний; 8 — яйцеклетка; 9 — сперматозоид.

Рис. 4. Цикл развития покрытосеменных: 1 — мужской гаметофит; 2 — женский гаметофит; 3 — яйцеклетка; 4 — пыльцевое зерно; 5 — молодой спорофит; 6 — эндосперм; 7 — семядоля; 8 — мейоз; 9 — микроспоры; 10 — макроспоры.





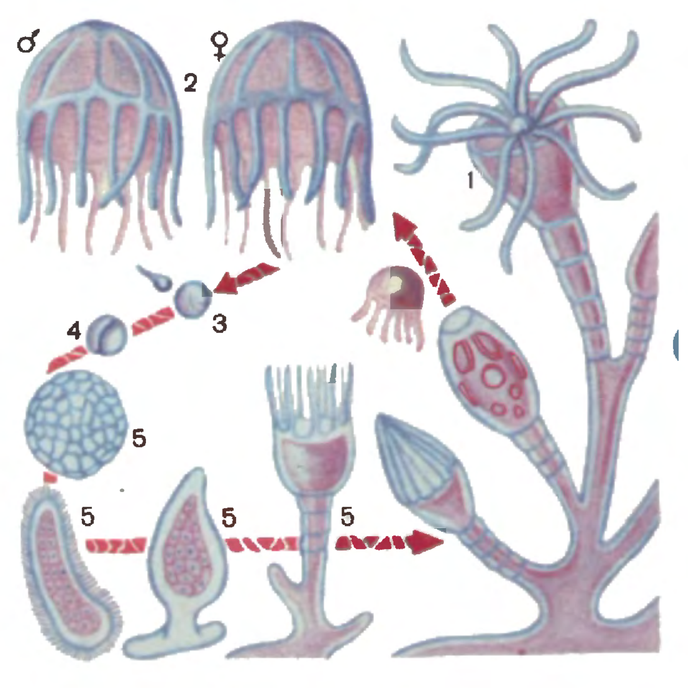
идно как бесполое, так и половое поколение, которое образуется из бесполого путем митотического деления его клеток. Мейоз происходит только в процессе образования гамет, которые являются единственной гаплоидной фазой у таких организмов. Например, гидроидные полипы представляют собой бесполое поколение. Почкуясь, они образуют колонии, на которых развиваются медузы с семенниками и с яичниками (диплоидное половое поколение). Медузы свободно плавают в воде и размножаются половым путем. В результате опять возникают полипы (рис. 5).

У животных различают первичное и вторичное чередование поколений. При первичном чередуется бесполое и половое размножение. Так бывает у многих простейших. К вторичному чередованию поколений относят метагенез и гетерогонию. При метагенезе, который характерен для оболочников и кишечнополостных, чередуется половое и вегетативное размножение. При гетерогонии, которая характерна для трематод, некоторых круглых червей и коловраток, ряда членистоногих, чередуются нормальное половое размножение с партеногенезом.

Чередование поколений зависит от условий среды. При благоприятных условиях размножение происходит, как правило, бесполыми способами — делением, почкованием, вегетативно или партеногенетически. При неблагоприятных условиях бесполое поколение сменяется половым.

Эволюция размножения шла от бесполого, свойственного одноклеточным, к половому. Примитивные формы размножаются только бесполым путем, у более сложных форм бесполое размножение чередуется с половым. Наиболее прогрессивные виды размножаются только половым путем (рис. 1).

Рис. 5. Жизненный цикл гидроидного полипа: 1 — гидроидный полип; 2 — образование медуз с семенниками и яичниками путем бесполого размножения — почкования; 3 — яйцеклетки и спермии; 4 — зигота; 5 — развитие новой колонии полипов.

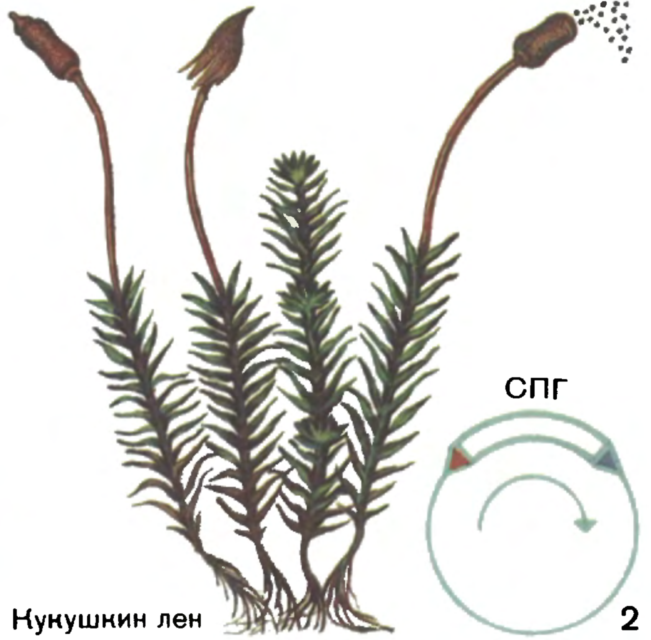


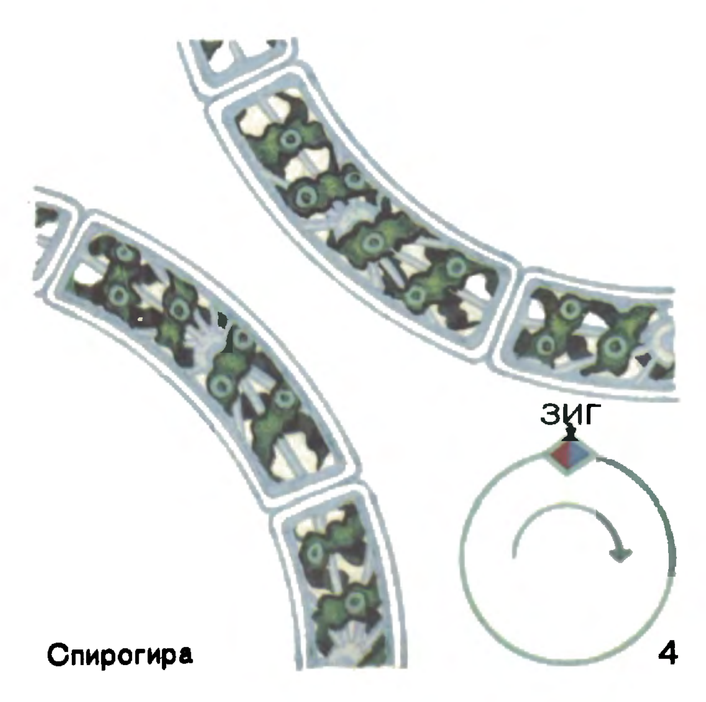
Чередование поколений у растений. Типичное чередование поколений характерно для растений, у которых многоклеточны как диплоидная фаза (диплонт), так и гаплоидная (гаплонт). Диплонт образует спорангии, в которых в результате мейоза возникают *споры* (поэтому диплонт называют также спорофитом или бесполым поколением). Гаплонт образует гаметангии, в которых без редукционного деления — мейоза образуются половые клетки — *гаметы* (гаплонт называют также гаметофитом или половым поколением). Спорофит развивается из зиготы, возникающей в результате *оплодотворения*, т. е. слияния двух гамет, а гаметофит — из споры. У немногих растений (например, у некоторых зеленых и бурых водорослей) спорофит и гаметофит развиты одинаково, а у большинства растений в циклах развития преобладает либо гаметофит (например, у мохообразных), либо спорофит — бурая водоросль ламинария, папоротникообразные и семенные растения (рис. 6).

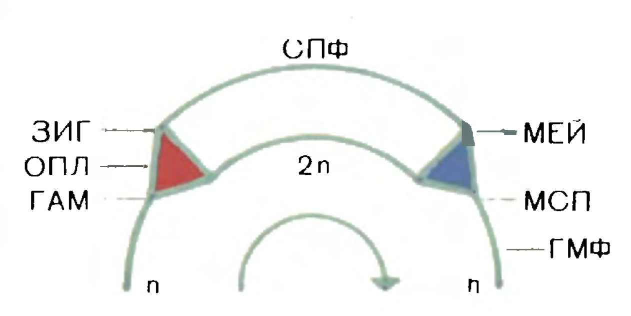
У многих зеленых водорослей (хламидомонада, улотрикс, спирогира и др.) диплоидны только зиготы, при прорастании которых происходит мейоз (рис. 6). А у сифоновых, диатомовых и некоторых бурых водорослей, как и у огромного большинства животных, гаплоидны только гаметы, возникающие в результате мей-

Рис. 6. Смена ядерных фаз у растений: *1* — бурая водоросль диктиота (гаметофит и спорофит развиты одинаково); *2* — мох кукушкин лен (доминирует гаметофит); *3* — папоротник (доминирует спорофит); *4* — зеленая водоросль спирогира (диплоидны лишь зиготы); *5* — бурая водоросль фукус (гаплоидны лишь гаметы). *ГАМ* — гаметы, *ОПЛ* — оплодотворение, *ЗИГ* — зигота, *МЕЙ* — мейоз; *МСП* — мейоспоры, *СПФ* — спорофит, *СПГ* — спорогоний (спорофит мохообразных), *ГМФ* — гаметофит, *ЗАР* — заросток (гаметофит папоротникообразных и семенных растений).







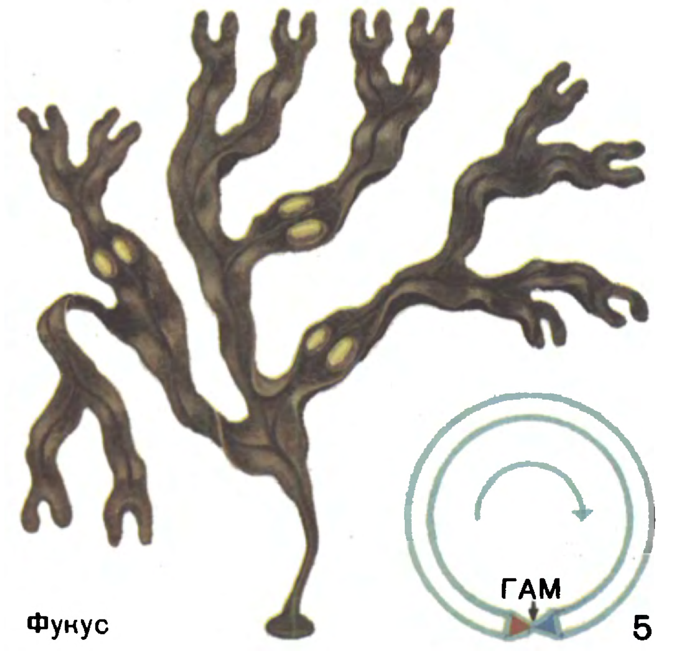


оза. Поэтому у этих растений фактически чередования поколений нет, хотя смена ядерных фаз происходит.

Фазы в циклах развития высших растений имеют особые названия: спорофиты мохообразных называют спорогониями (они развиваются на гаметофитах), а гаметофиты остальных высших растений — заростками (рис. 6). У папоротникообразных они существуют самостоятельно, а у семенных развиваются на спорофитах. Заростки равноспоровых растений (см. *Споры*) обоеполы, а разноспоровых — раздельнополы и более редуцированы (особенно мужские), чем заростки равноспоровых. Так, например, у покрытосеменных растений мужской заросток — это развивающееся из микроспоры пыльцевое зерно, а женский заросток — зародышевый мешок, развивающийся из мегаспоры.



Папоротник



Фукус

ШТАММ

Штамм — это генетически однородное потомство микроорганизмов (*бактерий,* грибов, простейших) или клеток культуры *тканей эукариот,* обладающее определенными признаками. Это может быть способность или неспособность вызывать болезнь, устойчивость к антибиотику или же способность синтезировать антибиотик, использовать в качестве источника питания какое-либо соединение и т. д.

Микробиологи собрали обширные коллекции, целые музеи штаммов. Некоторые из них имеют важное практическое значение, их ищут в природе, а в последнее время выводят искусственно методами *селекции* и *генной инженерии.* Например, пенициллин и другие антибиотики стоили бы дороже золота, если бы микробиологи и генетики не получили штаммы грибов, синтезирующие эти продукты в тысячи раз быстрее.

В коллекциях штаммы обычно содержат в виде колоний на твердой питательной среде, периодически пересеивая их. В последнее время распространился метод сохранения клеток штамма, подсушенных при низкой температуре. Многие микроорганизмы не теряют при этом своей жизнеспособности и могут храниться годами.

Штаммы клеток эукариот (клоны) обычно трансформированы, т. е. частично или полностью приобрели свойства клеток злокачественных опухолей. Тем не менее они обычно сохраняют некоторые или даже многие черты той ткани, из которой их в свое время выделили. Нетрансформированные клетки могут делиться только ограниченное число раз (20—30). Возникновение способности неограниченно делиться (давать клон) и есть первый признак трансформации клеток (злокачественного перерождения). Десятки известных сейчас штаммов клеток эукариот могут неограниченно долго сохранять жизнеспособность в жидком азоте.

Э, Я

ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ

Теорию *эволюции,* науку о закономерностях и причинах эволюционного процесса, часто называют эволюционным учением, подчеркивая важность его для науки о живом.

Существуют десятки вариантов различных эволюционных концепций. Основное различие их в том, какую *изменчивость* берут они за основу эволюции — определенную, направленную, приспособительную или же неопределенную, ненаправленную и оказывающуюся приспособительной только случайно.

Первая группа концепций и гипотез традиционно связывается с именем *Ж. Б. Ламарка.* В 1809 г. Ламарк предположил, что все живые организмы целесообразно приспосабливаются к условиям среды. Так он объяснял одну из особенностей эволюции органического мира — приспособляемость. Прогрессивную эволюцию, появление форм, более сложных и совершенных, он объяснял «законом градаций» — стремлением живых существ усложнять свою структуру. Раз возникнув, приспособительные изменения далее, по мнению Ламарка, способны передаваться по наследству (концепция «наследования благоприобретенных признаков»). Так возникла система взглядов на эволюционный процесс, названная ламаркизмом. Нетрудно видеть, что концепция Ламарка ничего не объясняет. Согласно ей, виды эволюционируют, приспособляясь и усложняясь, потому что у них такие свойства — приспособляться и усложняться. Ламаркистские взгляды имеют сторонников и в наши дни, хотя те не всегда согласны называться ламаркистами. Причины направленных изменений разные авторы объясняют различно, но их можно свести к двум: направленное влияние внешней среды (например, белый медведь побелел от снега) или же способность самого организма.

Такие гипотезы называют телеологическими (от греческих слов teleos — результат и logos — учение). Телеологический взгляд на протекающие в природе процессы имеет давнюю историю, впервые его высказал античный философ Аристотель. Согласно Аристотелю, причина развития — будущая цель. Так и в эволюции по Ламарку — бóльшая приспособленность потомков возникает в результате целенаправленной изменчивости предков.

Идеалистические телеологические учения об эволюции нарушают основной закон современного естествознания — закон причинности, согласно которому будущее не может влиять на настоящее, так же как и настоящее не может влиять на прошлое. Экспериментальная проверка «законов» Ламарка показала их несостоятельность. Строго говоря, достаточно понять, что система взглядов Ламарка нарушает закон причинности, и нужда в таких экспериментах отпадает. Не строят же сейчас вечные двигатели, чтобы лишний раз убедиться в правоте закона сохранения энергии. Согласно ламаркизму, предполагается, что живые организмы способны сами находить верное решение, как себя улучшить, и, более того, сами же способны свое решение осуществлять. Зная, как сложно устроен организм, легко понять, что ни то ни другое невозможно.

Концепция Ламарка бессильна объяснить подавляющее большинство эволюционных приспособлений, например кубаревидную форму яиц морской птицы кайры, не скатывающихся с выступа скалы, все формы и структуры цветков, направленные на повышение вероятности опыления, образование плаценты и млечных желёз у млекопитающих и многое другое. Если ее принять, то придется допустить, что живая природа обладает даром предвидения на много поколений вперед.

А как же направленная изменчивость, описанная у всех живых организмов, от *бактерий* до человека? Например, способность бактерий синтезировать специальный *фермент* в ответ на появление в среде субстрата для этого фермента. Так, в ответ на появление в среде сахара лактозы у бактерий появляется фермент — галактозидаза, расщепляющая этот сахар. Летний загар у светлокожих людей появляется в ответ на действие лучей солнца. Направленная изменчивость не причина, а всегда результат эволюционного процесса. Способность к ней — такое же приспособление, возникающее на протяжении многих поколений. Поэтому она не может быть доказательством правоты ламаркизма, скорее, наоборот, подтверждает его несостоятельность. Бактерии имеют в ДНК *ген* галактозидазы, приобретенный в эволюции, так же как и механизм, обеспечивающий включение именно этого гена при появлении в среде лактозы. В клетках кожи человека также уже имеются ферменты синтеза черного пигмента — меланина, и лучи солнца лишь активируют этот процесс.

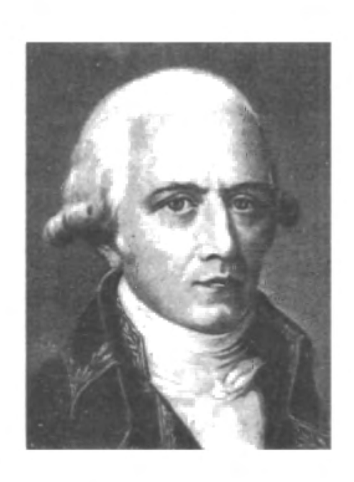
Другое эволюционное учение, разделяемое и развиваемое сейчас подавляющим большинством ученых, ведет начало от теории *Ч. Дарвина* (см. *Дарвинизм*). Дарвинизм исходит из неопределенной, ненаправленной изменчивости, которую доказывать не нужно, она видна всем, кто хоть раз наблюдал несколько особей одного вида (коров в стаде, щенят одного помета, растения в лесу и на поле). Эта изменчивость неприспособительна, она возникает независимо от условий внешней среды, с кото-

рыми сталкивались предки или встретятся потомки. Нам хорошо известен и механизм этой изменчивости: это *мутации*, происходящие в ДНК. Очевидно, что мутации не могут быть приспособительными, так как причины, их вызывающие, никак не связаны с тем, за что этот ген отвечает. Но иногда некоторые случайные изменения оказываются благоприятными для жизни и размножения в данных конкретных условиях. Носители этих изменений имеют бо́льшую вероятность оставить потомство и становятся победителями в *борьбе за существование. Естественный отбор* и оказывается главной движущей силой эволюции, придающей ей направленность. Так возникает целесообразность, приспособленность.

Хорошо объясняет дарвинизм и прогрессивную эволюцию. Сложные, высокоорганизованные формы побеждают в жизненной борьбе более простых не потому, что они более сложные, а потому, что они лучше приспособлены к окружающим условиям. Там, где условия внешней среды не дают особого преимущества сложным формам, они и не возникают. А при упрощении внешней среды наблюдается не прогресс, а, наоборот, регресс — движение назад, в сторону упрощения, потери ненужных для биологического вида структур и признаков. Например, переход некоторых червей к паразитизму в организме хозяина, где они всегда обеспечены питанием, привел к тому, что эти черви — гельминты (глисты) потеряли *органы чувств*, а некоторые и кишечник.

Дальнейшее развитие эволюционного учения связано с успехами генетики, и особенно исследованиями изменчивости. Дарвин говорил лишь об общей категории неопределенной изменчивости. Теперь ее подразделяют на мутационную (см. *Мутация*) и комбинационную, или комбинативную. С момента разделения изменчивости на эти две категории возникают предпосылки для создания новой, синтетической теории эволюции. Ее так называют потому, что она является синтезом дарвинизма, классической генетики и теории *популяций*. Суть ее в следующем: вновь образующиеся изменения генов, а также появляющиеся при этом в результате полового процесса комбина-

ЖАН БАТИСТ ЛАМАРК (1744—1829)



Жан Батист Ламарк был родом из небогатых французских дворян. В дцадцатичетырехлетнем возрасте он оставил военную карьеру ради занятий ботаникой и через 10 лет уже считался одним из крупнейших ботаников Франции. В 50 лет он поменял научную специальность и стал зоологом, крупным систематиком. Огромные познания в разных отраслях биологии позволили ему в начале XIX в. создать первую целостную эволюционную концепцию, изложенную в 1809 г. в книге «Философия зоологии».

Причинами *эволюции* Ламарк считал стремление всех живых организмов к прогрессу, развитию от простого к сложному (учение о градации, от латинского слова gradus — уровень, ступень), а также целесообразные изменения организмов, направленные на приспособление к внешним условиям. Изменения эти, как утверждал Ламарк, вызываются прямым влиянием внешней среды, упражнением органов и наследованием приобретенных при жизни признаков.

Хотя подобные идеи высказывались еще до Ламарка (например, Ж. Бюффоном, дедом *Ч. Дарвина* — Э. Дарвином и др.), его по праву можно считать основоположником телеологической (от греческих слов teleos — результат, цель и logos — наука) теории эволюции, согласно которой способность организмов приспособляться к окружающей среде есть врожденное, не объяснимое другими факторами свойство жизни.

Взгляды Ламарка (ламаркизм) в первой половине XIX в. успеха не имели, создатель ее умер в нищете, всеми забытый.

Возрождение ламаркизма началось в 1859 г., с появлением на свет эволюционной теории Ч. Дарвина. (см. *Дарвинизм, Эволюционное учение*). К учению Ламарка вернулись те, кому дарвинизм казался чересчур материалистичным, ибо эволюцию, историческое развитие живой природы теперь уже нельзя было отрицать.

Судьба ламаркизма оказалась еще трагичнее судьбы его создателя — это учение стали исповедовать идейные наследники тех, кто травил Ламарка при жизни. Однако это не умаляет славы самого Ламарка. Хотя он истолковал причины эволюции неверно, но один из первых смело отстаивал идею исторического развития живой природы, сам принцип эволюции. Именно в этом главная заслуга великого французского натуралиста.

ции генов подвергаются отбору под действием факторов внешней среды.

Много новых данных получено и об отборе. Теперь различают как индивидуальный отбор наиболее приспособленных особей, так и семейный, групповой (отбор семей муравьев, пчел, стад копытных, стай обезьян и т. д.).

Немаловажную роль в эволюции играют чисто случайные процессы, происходящие в малых популяциях. Например, если в какую-нибудь отдаленную от места обитания вида местность попадет несколько его представителей, вряд ли они будут носителями всех генов этого вида — и эволюция на новом месте пойдет несколько иначе.

Третий, современный этап в развитии эволюционного учения начался с появлением на свет молекулярной биологии, в первую очередь молекулярной генетики. Многие факты, казавшиеся несомненными, сейчас пересматриваются. Например, мутации оказались не таким уж редким событием. Отбор их начинается уже на стадии формирования половых клеток —*гамет* и ранней стадии развития зародышей. Чрезвычайно расширились наши познания о рекомбинациях, «перемешиваниях» генов в процессе эволюции. Оказалось, что половой процесс, состоящий из *мейоза* и случайной встречи гамет при *оплодотворении,* не единственный источник генетического разнообразия. Гены могут переноситься от организма к организму *вирусами* (трансдукция). У *прокариот* различные варианты трансдукции, помимо мутаций, — практически единственный источник материала для эволюции. У *эукариот* половой процесс потеснил все иные способы генетической рекомбинации. Однако неполовой перенос генов есть и у высших организмов, хотя роль его, вероятно, незначительна.

Основной принцип дарвиновской теории эволюции — естественный отбор случайных, ненаправленных изменений генетического материала — остается по-прежнему незыблемым принципом современного эволюционного учения. Только этот процесс делает эволюцию направленной, обеспечивая приспособленность организмов к окружающй среде и повышение уровня их организации.

ЭВОЛЮЦИЯ

Эволюция (от латинского слова evolutio — развертывание, развитие) в биологии — необратимое историческое развитие живой природы. Можно рассматривать эволюцию всей *биосферы* и отдельных сообществ, состоящих из животных, растений и микроорганизмов, эволюцию отдельных систематических групп и даже частей организмов — органов (например, развитие однопалой конечности лошади), *тканей* (например, мышечной, нервной), функций (*дыхания,* пищеварения) и даже отдельных *белков* (например, гемоглобина). Но в строгом смысле слова эволюционировать могут только организмы, совместно образующие *популяции* отдельных видов.

Эволюцию раньше часто противопоставляли революции (от латинского слова revolutio — поворот, переворот) — быстрым и значительным по масштабу изменениям. Но теперь стало ясно, что процесс развития живой природы слагается из изменений как постепенных, так и резких; как быстрых, так и длящихся миллионы лет.

Каковы характерные черты биологической эволюции?

Прежде всего — преемственность. С момента возникновения жизни новое возникает в живой природе не на пустом месте, не из ничего, а из старого. Нас и первые примитивные микроорганизмы, возникшие около 4 млрд. лет назад, связывает непрерывная цепочка поколений.

Вторая особенность — возникновение в эволюционном процессе целесообразности. Все организмы, населяющие Землю, приспособлены к условиям, в которых они существуют. Все структуры их тел таковы, что они обеспечивают существование организма и воспроизводство потомства, чтобы продлить еще на одно звено цепочку поколений в будущее. Микроорганизмы могут, например, жить в кипящих вулканических источниках, в растворе серной кислоты и нефти, есть водоросли и насекомые, встречающиеся на снегу и поверхности ледников, крот так же хорошо приспособлен к жизни под землей, как стриж и ласточка — к быстрому полету. Сильные ноги, чуткие уши и острое обоняние оленя позволяют спастись от тигра, но и строение тела тигра дает ему возможность схватить неосторожного, или менее чуткого, или менее быстроногого оленя. И так же целесообразно строение паразита, цепляющегося своими коготками за шерсть тигра или же присосками за стенку его кишечника. Целесообразностью проникнута вся живая природа, и в этом ее отличие от неживой.

Не менее характерная черта эволюции — усложнение и совершенствование структур организмов от одной геологической эпохи к другой (см. *Развитие жизни на Земле*). Первое время на Земле существовали только микроорганизмы, затем появились одноклеточные — простейшие, потом многоклеточные беспозвоночные животные. За «веком рыб» наступил «век земноводных», потом «век пресмыкающихся», в основном динозавров, и, наконец, «век млекопитающих и птиц». Последние тысячелетия главенствующее место в биосфере стал завоевывать человек.

Это правило не абсолютно. Есть случаи,

когда структура организмов не менялась в сторону усложнения миллионы, если не миллиарды, лет, как у *бактерий,* или же упрощалась, как у паразитов. И тем не менее явление усложнения существует и нуждается в объяснении, потому что оно на первый взгляд нарушает один из законов физики — второе начало термодинамики. Согласно ему все самостоятельно совершающиеся в природе процессы идут в сторону разрушения структур, снижения уровня сложности, увеличения доли беспорядка (энтропии) во всех системах. А эволюция идет наоборот — ведь человек устроен сложнее бактерии. Законы физики при этом, однако, не нарушаются, в эволюции происходит лишь местное усложнение системы, которое достигается ценой лишней затраты энергии на развитие организма. И больше всех живых организмов энергию расходует как раз человек.

Эволюция нам уже не представляется чем-то удивительным. Но так было далеко не всегда. Хотя еще древнегреческий мудрец Гераклит сказал: «Все течет», для людей средних веков, да и более близких к нашему времени живая природа казалась чем-то застывшим, неподвижным, раз и навсегда созданным господом богом в дни творения. Одиночки-бунтари подвергались гонениям, да и почти никого не убеждали. Тогда сильным доводом против эволюции казался, например, обнаруженный зоологами факт: кошки, мумии которых находились в египетских гробницах, ничем не отличались от современных. Так, ребенок, одну минуту глядящий на часы, утверждает, что часовая стрелка неподвижна. Ведь те немногие тысячи лет, отделяющие нас от строителей пирамид, в эволюции кошек не более чем одна секунда.

Не убеждали никого и остатки ископаемых животных, уже не существующих на Земле. В лучшем случае вполне серьезные ученые полагали, что мамонтов библейский Ной не взял в свой ковчег по недостатку места. Поэтому и был распространен термин «допотопные животные». Можно было чисто теоретически рассуждать о возможном изменении животных и растений из поколения в поколение. Но каковы механизмы этих изменений? В чем суть движущих сил эволюции? Этого никто не знал.

Французский натуралист *Ж. Б. Ламарк* в 1809 г. впервые изложил обстоятельно первую целостную эволюционную концепцию в труде «Философия зоологии». Однако он объяснил природу эволюции и ее движущие силы неудовлетворительно даже для того времени, и успеха его концепция (ламаркизм) не имела. Правда, в том или ином виде представления ламаркизма об эволюции то и дело всплывают, хотя настоящие ученые не принимают их всерьез.

Со времени Ламарка биология накопила огромное количество новых фактов, которые подтверждают существование эволюционного процесса. В 1859 г. английский натуралист *Ч. Дарвин* сформулировал первую научную теорию эволюции (см. *Дарвинизм*). Учение об эволюции продолжало развиваться. Разгадка законов *наследственности* и *изменчивости* и сочетание их с дарвинизмом дали современную теорию эволюции (см. *Эволюционное учение*).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША

Экологическая ниша — место, которое занимает вид в сложной системе экологических взаимоотношений с другими организмами и факторами неживой природы. В понятие экологической ниши входит *ареал,* зависимость от источников пищи, от врагов и конкурентов, способ размножения (сроки, условия) и др.

Каждый вид живых организмов занимает свое место в *биосфере* нашей планеты. Эксперименты в лаборатории и наблюдения в природе показывают, что в процессе *эволюции* два близких вида, обитающих вместе, неизбежно приобретают в результате *естественного отбора* такие приспособления — *адаптации,* которые как бы разводят их в разные местообитания. Этим достигается более полное использование биотических и абиотических ресурсов экосистемы.

Часто считают, что экологическая ниша — это какое-то пустое пространство в природе, которое вид может занять или освободить. Это не так. Экологическая ниша возникает и исчезает вместе с приобретением каких-то адаптаций данным видом. Вне вида экологическая ниша не существует. Экологическая ниша не «адрес» организма, а его «профессия». Двух одинаковых экологических ниш в природе не существует, поскольку нет двух абсолютно одинаковых видов: каждый вид чем-нибудь, каким-то специальным приспособлением (адаптацией) отличается от любого другого.

Вне вида, независимо от него существуют адаптивные зоны: зона пустынь, зона литорали, зона тайги, зона стоячих водоемов и т. п. Организмы, существующие в таких адаптивных зонах, образуют множество экологических ниш, которые могут иногда быть внешне похожими для разных участков биосферы. Место крупного хищника в экосистеме Австралии занимал сумчатый волк, уничтоженный на этом материке к 30-м гг. нашего столетия. С его исчезновением исчезла и образованная им экологическая ниша. Можно сказать, что сейчас в экосистеме Австралии существует возможность образования экологической ниши, похожей на исчезнувшую вместе с сумчатым волком. В какой-то степени ее используют проникшие в Австралию вместе с человеком дикие собаки — динго.

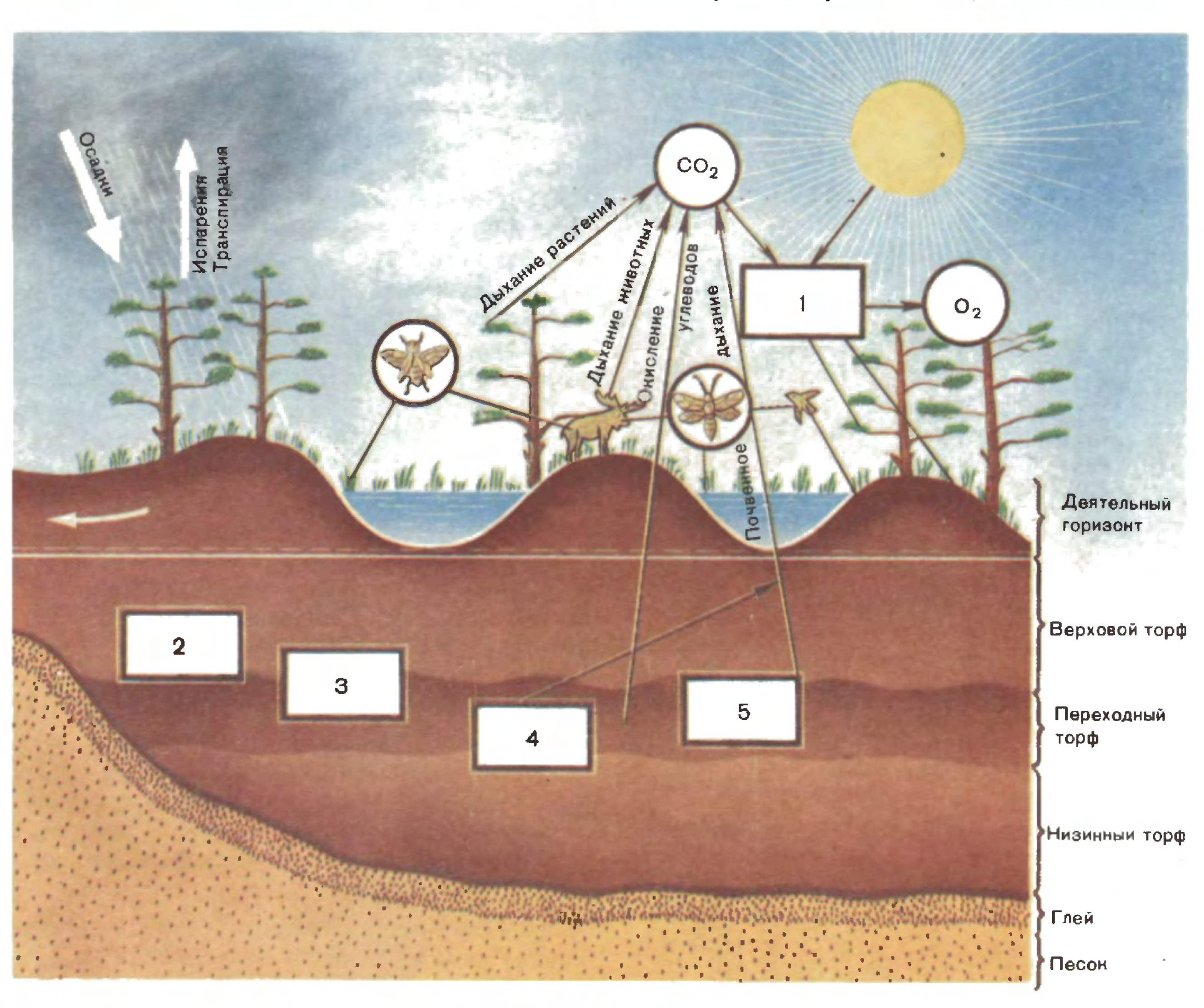
ЭКОСИСТЕМА И БИОГЕОЦЕНОЗ

Экосистема (от греческого слова oikos — жилище, местопребывание) — любой природный комплекс (биокосная система). Он состоит из живых организмов (*биоценоз*) и среды их обитания: косной (например, атмосфера) или биокосной (почва, водоем и т. п.), связанных между собой потоками вещества, энергии и информации. Гниющий пень со всеми его многочисленными обитателями (грибами, микроорганизмами, беспозвоночными) — экосистема небольшого масштаба. Озеро с водными и околоводными организмами (в том числе птицами, питающимися водными животными, прибрежной растительностью) — тоже экосистема, но большего масштаба. Самая большая экосистема — вся *биосфера* в целом.

В экосистеме всегда есть энергетический вход и выход. Бóльшая часть энергии для существования экосистем поступает за счет энергии Солнца, первично улавливаемой *автотрофами*, основную массу которых составляют зеленые растения. По *пищевым цепям* эта энергия и вещество включаются в круговорот, характерный для каждой экосистемы. Первичные и вторичные *гетеротрофы* (травоядные и плотоядные животные) используют накопленную энергию и созданное автотрофами вещество, которое затем вновь поступает в круговорот после его разложения и минерализации гетеротрофами-сапрофитами (грибами, микроорганизмами). Выход из этого круговорота — в осадочные породы (см. *Круговорот веществ в природе*).

Термин «экосистема» предложил в 1935 г. английский ботаник А. Тенсли. В 1944 г. советский биолог *В. Н. Сукачев* ввел близкое к нему понятие «биогеоценоз». Биогеоценоз, в понимании В. Н. Сукачева, отличается от экосистемы определенностью своего объема. Экосистема может охватывать пространство любой протяженности — от капли прудовой воды до биосферы. Биогеоценоз — определенный уча-

Схема взаимоотношений компонентов биогеоценоза на участке верхового болота. *1* — расход энергии через транспирацию, испарение, фотосинтез и др.; *2* — подземная фитомасса: сосны — 3 т/га, кустарничков и трав — 2 т/га; *3* — содержание в метровом слое: общего азота — 7,8 т/га, кальция — 2,8 т/га, магния — 0,6 т/га, фосфора — 0,7 т/га, калия — 0,8 т/га; *4* — содержание в 1 г абсолютно сухого торфа: бактерий — около 4 млрд. экз., грибов — около 200 тыс. экз.; *5* — на 1 м² поверхности болота встречается в среднем: энхитреид — 267 экз., коллембол — 4619, акарин — 668, нематод — 238 экз.



сток территории, через который не проходит ни одна существенная биоценотическая (см. *Биоценоз*), гидрологическая, климатическая, почвенная или геохимическая граница. Биогеоценозы — это кирпичики, из которых сложена вся биосфера. На суше границы биогеоценоза обычно выделяют по характеру растительного покрова: изменение растительности маркирует почвенные, геохимические и другие границы. Размеры биогеоценозов различны — от нескольких сотен квадратных метров до нескольких квадратных километров, а по вертикали — от нескольких сантиметров (на скальных породах) до нескольких сотен метров (в лесах).

Совокупность *популяций* организмов, входящих в экосистему (обычно в пределах биогеоценоза), жизнь которых тесно связана с каким-то одним, центральным видом, называется консорцией (от латинского слова consortium — сообщество). Обычно в роли центрального вида консорции выступает растение, которое определяет весь характер биогеоценоза: в ельниках — ель, в сосняках — сосна, в ковыльной степи — ковыль и т. д. Связь между центральным видом и остальными в консорции может быть самая разная: через *пищевые цепи*, как местообитание (лишайник на стволе сосны), создание комфортных микроклиматических условий (влажность, тень под пологом дерева).

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ СУКАЧЕВ (1880—1967)



Академик Владимир Николаевич Сукачев — советский ботаник, лесовед и географ.

Окончив в 1902 г. Петербургский лесной институт, он всю свою жизнь отдал служению науке. Интересы ученого были разнообразны: он изучал леса, луга, тундры, степи, пустыни, болота. С этой целью много путешествовал по европейской части России, в Крыму, на Кавказе, в Западной и Восточной Сибири, Китае, руководил многими комплексными экспедициями.

В. Н. Сукачев разработал учение о растительных сообществах — фитоценозах: их строении, динамике, связях с внешней средой, историей страны; показал принципы их классификации и методы изучения. Проведя серию глубоко продуманных экспериментов, он раскрыл значение природной *изменчивости* свойств растений в *борьбе за существование.*

Владимир Николаевич подробно описал, как сменяются лесные сообщества во многих районах нашей Родины, показал зависимость их от условий среды и биологических свойств древесных пород, т. е. разработал проблему динамики растительного покрова.

Много нового внес он в изучение происхождения леса, заболачивания таежных лесов и образования болот. Сукачев справедливо считается основоположником научного болотоведения. Обстоятельно изучив болотные массивы в лесной зоне Европы и Азии, он разработал экологическую классификацию болот. Его книгу о болотах, их образовании и свойствах читал В. И. Ленин и дал о ней восторженный отзыв.

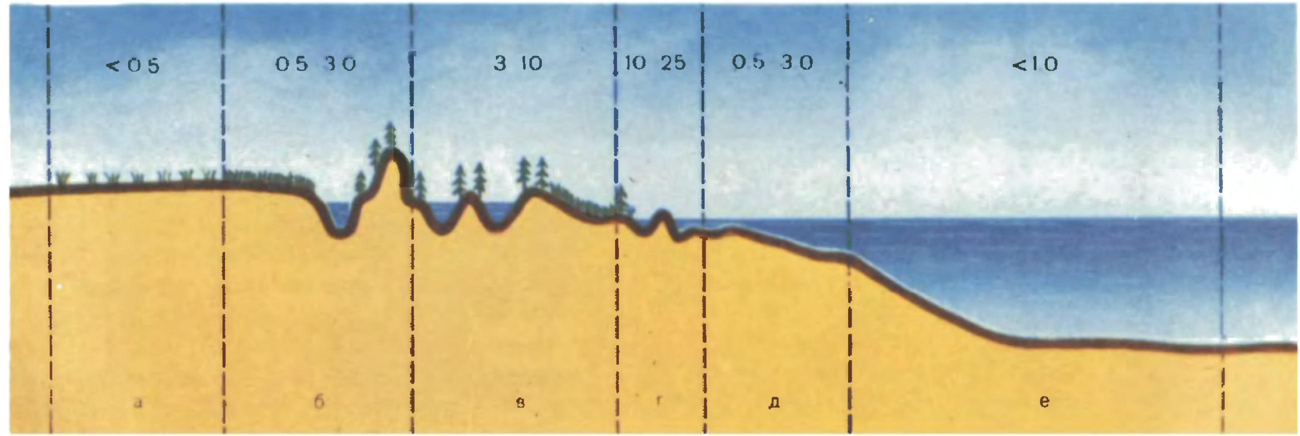
Вершина научного творчества Сукачева — его учение о биогеоценозе. В нем нашла отражение и завершение идея единства и неразрывной связи растительно-животных сообществ с физической *средой обитания.* Биогеоценоз — это «кирпичик» биосферы, совокупность организмов, связанная взаимообменом вещества и энергии со средой, которую они населяют (воздух, почва, воды). Биогеоценология успешно развивается в нашей стране и имеет большое практическое значение.

Владимир Николаевич постоянно вел напряженную научно-организаторскую работу: руководил экспедициями, организовывал научные базы и лаборатории, научные общества, кафедры в высших учебных заведениях. Он организовал в г. Красноярске Институт леса и древесины Академии наук СССР, ныне носящий его имя (1944), лабораторию лесоведения АН СССР (1959) и лабораторию биогеоценологии при Ботаническом институте (1965).

В 1946 г. В. Н. Сукачев был избран президентом Всероссийского (ныне Всесоюзного) ботанического общества, а в 1955 г. — президентом старейшего научного общества страны — Московского общества испытателей природы. Ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Поток энергии, проходящий через лиственный лес.

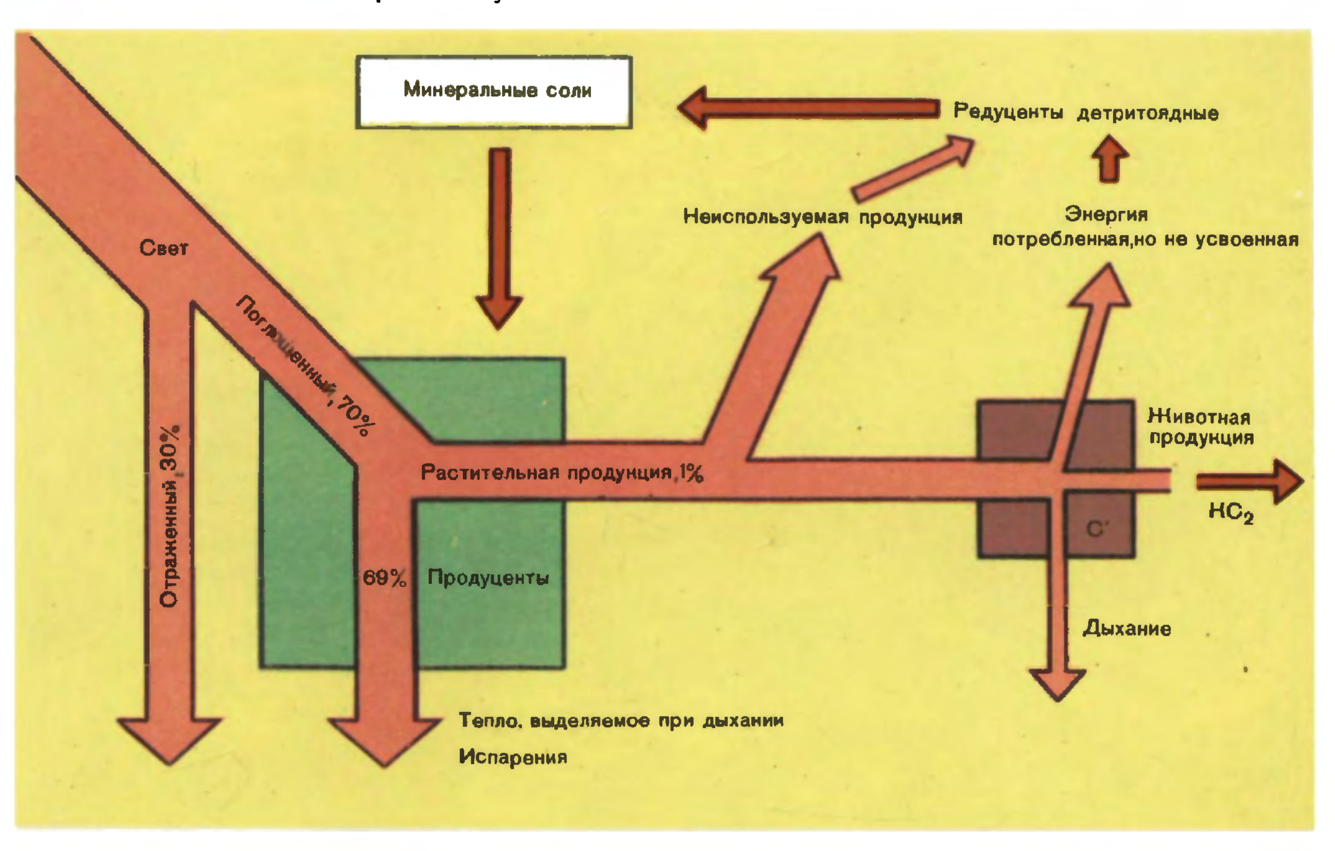
100%
74%
Тепловая энергия
10%
Отраженная энергия
1%
Энергия, достигшая Земли
15%
Органическое вещество, связывающее 1% солнечной энергии
50% Растительное вещество
Съедается
50%
Не съедается
40%
60%
68%
Не съедается
Съедается
10%
Биоредуценты Сапрофиты Копрофаги
30%
32%
Фитофаги
Потери в процессе дыхания
Прирост биомассы (продуктивность)
42%
58%
Съедается
Не съедается
25%
20%
22%
Съедаемые мертвые организмы
Хищники
45%
55%
Не съедается
Съедается
75%
20%
25%
100%
Хищники 2-го порядка



Первичная продуктивность основных природных местообитаний (в граммах на 1 м² поверхности в сутки): *а* — пустыни; *б* — луга, глубокие озера, горные леса, пашни; *в* — леса, степи, орошаемые сельхозугодья, мелкие озера; *г* — эстуарии, коралловые рифы, интенсивные культуры; *д* — моря на шельфе; *е* — глубокие моря.

Биогеоценоз, как и любая другая экосистема, — незамкнутая система, характеризующаяся, однако, стабильностью структуры во времени и пространстве. Между соседними биогеоценозами осуществляется обмен веществ в виде обмена газами, водными растворами, твердыми веществами (перенос частиц грунта ветром или водой), а также в своеобразной форме «живого вещества», посредством *миграции* животных, например. В ходе разви-

Распределение энергии в экосистеме на уровне продуцентов (зеленые растения) и первичных консументов (C_1). KC_2 — вторичные консументы.



тия экосистемы закономерно изменяются и сменяют друг друга (см. *Сукцессия*). Изучению экосистем посвящен раздел экологии — синэкология, или биогеоценология.

Одна из важных характеристик экосистемы — ее биомасса, т. е. выраженное в единицах массы или энергии количество «живого вещества», приходящееся на единицу площади или объема. Другая важнейшая характеристика экосистемы — ее продуктивность, т. е. количество органического вещества, образуемого в единицу времени. Первичная продуктивность — количество вещества, образуемого автотрофами, колеблется от 0,5 $г/м^3/сут$ (в пустынях) до 20 $г/м^3/сут$ (на коралловых рифах и некоторых высокоурожайных полях в сельском хозяйстве).

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОРГАНЫ

У некоторых рыб есть органы, вырабатывающие электрический ток. О таких рыбах знали еще в глубокой древности. Электрического сома изображали на гробницах в Древнем Египте 6 тыс. лет назад. Вероятно, уже тогда знали о лечебном действии его электрических разрядов. Прикладывать электрическую рыбу к телу больного рекомендовал и знаменитый древнеримский врач Гален.

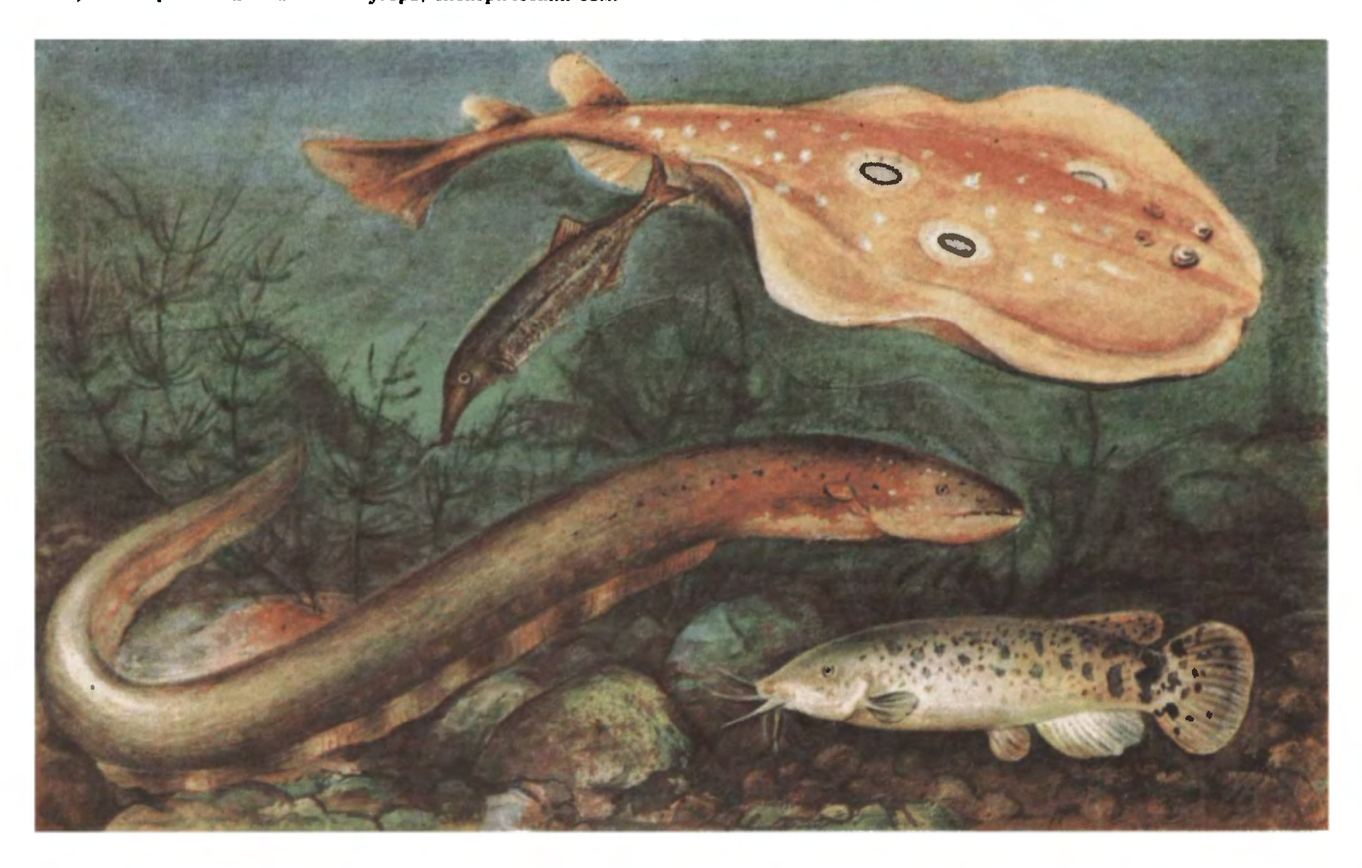
Электрические органы этого сома, расположенные почти по всей длине тела рыбы, дают разряды напряжением до 360 В. А органы электрических скатов, живущих в тропических и субтропических водах океанов, производят целую серию разрядов, до сотни подряд, напряжением до 220 В. Самые мощные электрические органы у электрических угрей, обитающих в реках тропической Америки. Их разряды достигают напряжения 650 В и силы около 2 А. Сила этих разрядов постепенно уменьшается до тех пор, пока они не прекращаются совсем. Для их «зарядки» требуется время. Сигналы к генерации электричества поступают в электрические органы по нервам.

Очень сильные разряды электрического ската торпедо защищают его от хищников — акул и осьминогов — и помогают скату охотиться за мелкой рыбой, которую эти разряды парализуют или даже убивают.

Электрические органы с мощными разрядами построены по принципу вольтова столба и служат для защиты и нападения. Разряды действуют на расстоянии до 6 м, парализуя рыб, моллюсков, ракообразных и других водных животных. Электрической рыбе остается только проглотить жертву.

Другая группа электрических рыб, например африканские мормирусы, испускает серию низковольтных импульсов, создавая вокруг себя электрическое поле. По искажению этого поля при попадании в него любого предмета рыбы находят в мутной воде добычу, особей противоположного пола или обнаруживают преграду.

Электрические рыбы (*сверху вниз*): электрический скат мормирус, электрический угорь, электрический сом.



Электрические органы в большинстве случаев состоят из особых *клеток* — электроцитов, происшедших в процессе *эволюции* из мышечных клеток.

ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА

Эндокринной системой называется совокупность желёз внутренней *секреции*, или эндокринных желёз, вырабатывающих *гормоны*. Они отличаются от желёз наружной секреции, или экзокринных, прежде всего тем, что не имеют выводных протоков в полости тела, сообщающихся с внешней средой, а выделяют свои продукты (секрет) непосредственно в *кровь* или лимфу.

Расположение желёз внутренней секреции в организме человека показано на рисунке.

Центр регуляции эндокринной системы — гипоталамус. Это часть головного мозга, в которой происходит переключение нервных импульсов на гормональные сигналы. *Клетки* гипоталамуса не только сами вырабатывают гормоны дистантного действия — вазопрессин, или антидиуретический гормон, и окситоцин, но и выделяют особые вещества — рилизинг-факторы, которые регулируют выработку гормонов передней доли гипофиза, располагающегося вблизи гипоталамуса. Эти гормоны в свою очередь управляют деятельностью многих других желёз внутренней секреции, расположенных в отдалении от мозга: щитовидной железы, коркового слоя надпочечников, половых желёз, а также непосредственно влияют на клетки организма (например, гормон *роста*).

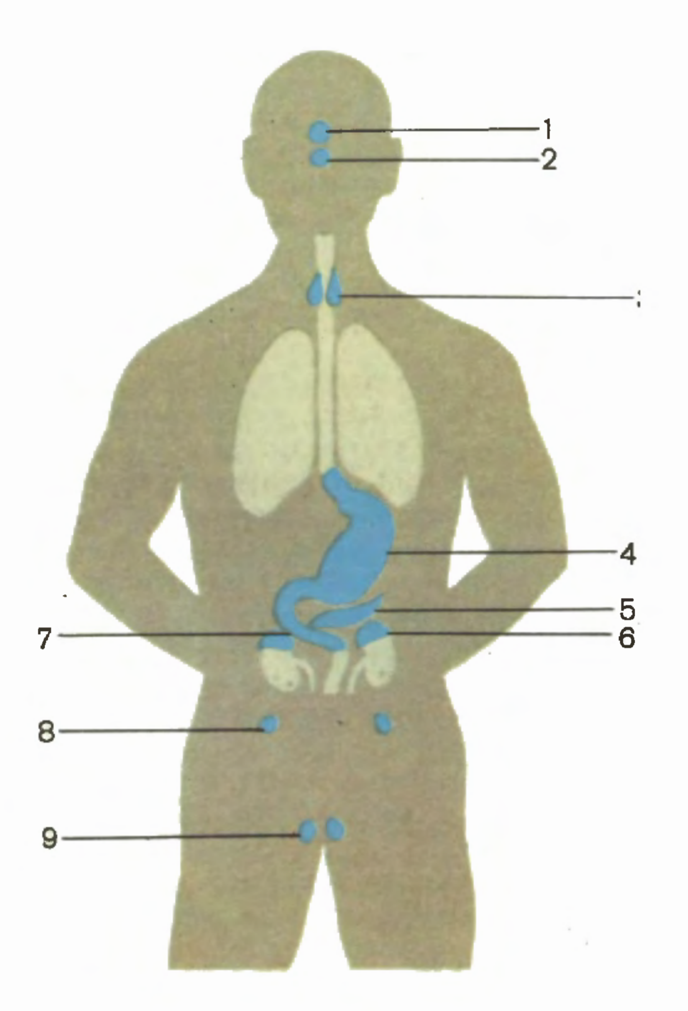
Помимо желёз внутренней секреции, показанных на рисунке, к эндокринной системе относят также верхний мозговой придаток (шишковидная железа, или эпифиз) и вилочковую железу (зобная железа, тимус). К эндокринной системе относятся и те специализированные клетки, которые выделяют гормоны, но не образуют специальных органов, или желёз, например эндокринные клетки почек, желудка, экзокринной поджелудочной железы и др. В последние годы эндокринология из науки о железах внутренней секреции превратилась в науку, изучающую принципы организации системы практически всех вырабатываемых в организме химических веществ, обладающих регуляторными свойствами, в том числе и не имеющих специальных мест своего образования (простагландины).

Кроме нервного контроля в деятельности эндокринной системы наглядно проявляется принцип саморегуляции, или обратной связи. Это явление было впервые описано советским ученым М. М. Завадским и названо им «плюс — минус взаимодействие». Так, повышение секреции гормона какой-либо железой приводит к торможению или реже к активации секреции того рилизинг-фактора гипоталамуса и того гормона гипофиза, который регулирует деятельность этой периферической железы. На-

пример, повышенная секреция тироксина щитовидной железы (при базедовой болезни) или кортизола корковым слоем надпочечника (при опухолях этой железы) приводит к снижению секреции тиреотропного или адренокортикотропного гормона гипофиза. Наоборот, когда тироксина вырабатывается мало, секреция тиреотропного гормона гипофиза усиливается. Это либо нормализует секрецию тироксина, либо (если это невозможно) приводит к разрастанию ткани щитовидной железы — зобу. Когда мало вырабатывается кортизола, усиливается секреция адренокортикотропного гормона гипофиза.

Принцип обратной связи наблюдается не только внутри эндокринной системы, но и вне ее, т. е. между секрецией гормона и состоянием того процесса, который регулируется этим гормоном. Так, секреция гормона поджелудочной железы — инсулина, снижающего уровень сахара в крови, усиливается, когда сахара в крови много, и уменьшается, когда его мало. Гормон околощитовидных желёз (паратгормон), повышающий уровень кальция в крови, снижает секрецию при возрастании концентрации кальция и усиливает секрецию при снижении этой концентрации. Это примеры отрицательной обратной связи. Положительная обратная связь наблюдается, например, между гипофизом и половыми железами, когда повышение уровня женских половых гормонов (эстрогенов) в определенных случаях не только не тормозит, но, напротив, усиливает секрецию гормонов гипофиза, активирующих половые железы (гонадотропные гормоны).

Расположение эндокринных желез у человека: *1* — гипоталамус; *2* — гипофиз; *3* — щитовидная и околощитовидные железы; *4* — желудок; *5* — поджелудочная железа; *6* — надпочечники; *7* — двенадцатиперстная кишка; *8* — яичники (у женщин); *9* — семенники (у мужчин).



Эндокринная система играет важную координирующую роль в процессах развития организма на поздних стадиях. Так, процессы *линьки* и окукливания у личинок насекомых вызываются специальным гормоном стероидной природы — экдизоном. В этом случае удается проследить почти непосредственное действие гормона на отдельные *гены,* которые уже определяют синтез *белков,* ответственных за линьку.

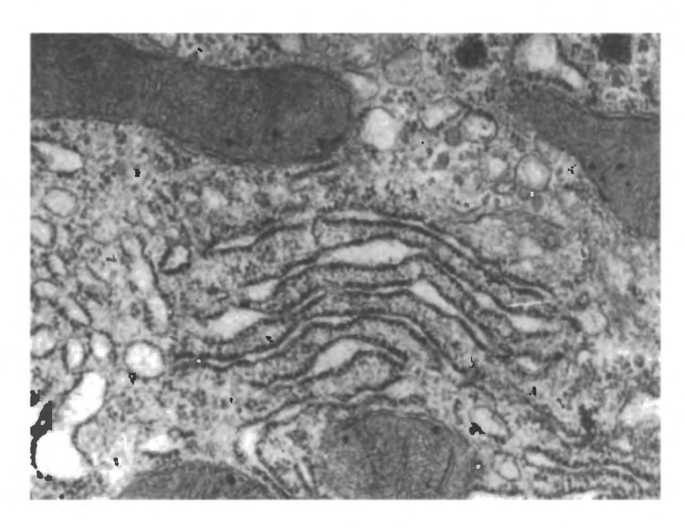
Отдельные железы внутренней секреции и гормоны имеются и у низших животных, но наиболее полного развития эндокринная система достигла только у позвоночных, у которых она играет важнейшую роль в процессах приспособления организма к меняющимся условиям внешней среды (см. *Адаптация*), поддержания *гомеостаза,* роста, развития и *размножения,* а также регулирует различные стороны поведения.

ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ СЕТЬ

Эндоплазматическая сеть (эндоплазматический ретикулум) — органоид клетки *эукариот.* В виде сети каналов и цистерн, ограниченных одинарной *мембраной,* она разветвлена по всему объему цитоплазмы. Эндоплазматическая сеть участвует в *обмене веществ:* синтезирует *липиды* для наружной двойной мембраны клетки и для собственной, одинарной мембраны, обеспечивает транспорт веществ между органоидами клетки, служит копилкой веществ и местом их изоляции.

Различают два типа эндоплазматической сети — шероховатую и гладкую. Шероховатая сеть несет на наружной поверхности многочисленные *рибосомы.* Синтезированные на них *белки* здесь изолируются от других белков клетки путем переноса их через мембрану канала эндоплазматической сети. Она «узнает» пропускаемые белки по их особым «сигнальным» концам. Отщепление этих концов после прохождения белка через мембрану называют созреванием белка. Одни белки — секретор-

Шероховатая эндоплазматическая сеть в клетке печени мыши. Электронная микрофотография. Увеличение в 20 тыс. раз.



ные — выделяются из клетки. Другие включаются во все мембраны клетки.

Гладкая сеть состоит из трубочек, каналов и пузырьков меньшего сечения, чем в шероховатой сети. Ее функции так же разнообразны: здесь синтезируются липиды мембран, но, кроме них, и немембранные липиды (например, особые *гормоны* животных), специальными ферментными комплексами обезвреживаются ядовитые вещества, накапливаются ионы. Так, в поперечнополосатых мышцах гладкая сеть служит резервуаром ионов кальция. Мембраны этой сети содержат мощные кальциевые «насосы», которые в сотые доли секунды переносят в любую сторону большое количество ионов кальция. В специализированных клетках вид гладкой сети различен, что связано с ее конкретными функциями во внутриклеточном обмене.

Эндоплазматическая сеть очень ранима при воздействиях: она быстро теряет *рибосомы* и разрушается. Однако благодаря способности к быстрым перестройкам может восстанавливаться.

ЭУКАРИОТЫ

Эукариоты (от греческих слов eu — хорошо, полностью и karyon — ядро) — это истинноядерные организмы, *клетки* которых имеют оформленное клеточное *ядро,* отделенное от цитоплазмы ядерной оболочкой. Для огромного большинства их характерно деление ядра с образованием настоящих *хромосом* (см. *Митоз*) и половой процесс, при котором образуются ядра с уменьшенным вдвое (редуцированным) числом хромосом (см. *Мейоз*).

Хромосомы эукариот связаны с особыми, гистоновыми белками. Содержание ДНК в них в десятки раз больше, чем это необходимо для кодирования белков.

Эукариотические клетки часто имеют настоящие жгутики (см. *Жгутики и реснички*), сложенные из 11 волокон — фибрилл, расположенных по схеме 9+2 — девять по окружности и две в центре. Важная особенность эукариот — наличие в их цитоплазме клеточных органоидов, имеющих свой небольшой геном (совокупность генов) и размножающихся делением. Это *митохондрии,* а у высших растений — *хлоропласты.* Возможно, они произошли из клеточных симбионтов: первые — от каких-то дышащих кислородом (аэробных) *бактерий,* а вторые — из цианобактерий. Все клетки, имеющие митохондрии, дышат кислородом, лишь немногие эукариоты потеряли способность к аэробному обмену.

В надцарство эукариот входят разнообразные простейшие (жгутиковые, инфузории, споровики), грибы, животные и растения. Эукариотам противопоставляют более примитивную группу — *прокариот.*

ЯДРО

Ядро — это важнейшая составная часть *клетки эукариот,* в которой сосредоточена основная масса генетического материала.

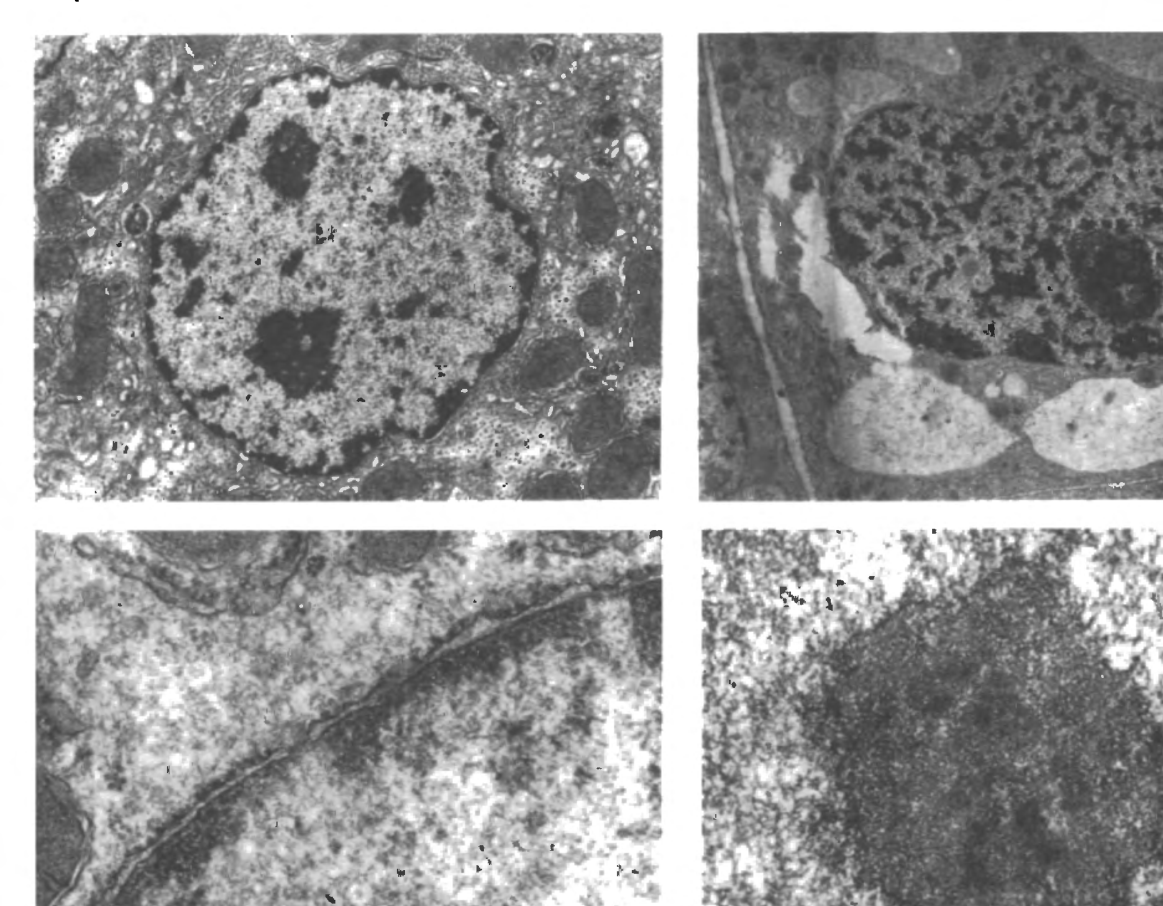
В ядре протекают два важнейших процесса. Первый из них — это синтез самого генетического материала, в ходе которого количество ДНК в ядре удваивается (о ДНК и РНК см. *Нуклеиновые кислоты*). Этот процесс необходим для того, чтобы при последующем делении клетки *(митозе)* в двух дочерних клетках оказалось одинаковое количество генетического материала. Второй процесс — *транскрипция* — производство всех типов молекул РНК, которые, мигрируя в цитоплазму, обеспечивают синтез *белков,* необходимый для жизнедеятельности клетки.

Ядро отличается от окружающей его цитоплазмы по показателю преломления света. Именно поэтому его можно увидеть в живой клетке, но обычно для выявления и изучения ядра пользуются специальными красителями. Русское название «ядро» отражает наиболее характерную для этого органоида шарообразную форму. Такие ядра можно видеть в клетках печени, нервных клетках, но в гладкомышечных и эпителиальных клетках ядра овальные. Есть ядра и более причудливой формы.

Самые непохожие по форме ядра состоят из одних и тех же компонентов, т. е. имеют общий план строения. В ядре различают: ядерную

Ядро клетки печени. *Внизу* — **ядерная оболочка и периферический хроматин интерфазного ядра клетки печени. Электронные микрофотографии. Увеличение в 7 тыс. раз и в 20 тыс. раз.**

Ультраструктура ядра растительной клетки (меристема корешка лука). *Внизу* — **ультраструктура ядрышка. Электронные микрофотографии. Увеличение в 10 тыс. раз и в 17 тыс. раз.**



оболочку, хроматин (хромосомный материал), ядрышко и ядерный сок (см. фото). У каждого ядерного компонента своя структура, состав и функции.

Ядерная оболочка включает в себя две *мембраны,* располагающиеся на некотором расстоянии друг от друга. Пространство между мембранами ядерной оболочки называется перинуклеарным. В ядерной оболочке есть отверстия — поры. Но они не сквозные, а заполнены специальными белковыми структурами, которые называются комплексом ядерной поры. Через поры из ядра в цитоплазму выходят молекулы РНК, а навстречу им в ядро передвигаются белки. Сами же мембраны ядерной оболочки обеспечивают диффузию низкомолекулярных соединений в обоих направлениях.

Хроматин (от греческого слова chroma — цвет, краска) — это вещество хромосом, которые в интерфазном ядре значительно менее компактны, чем во время митоза. При окрашивании клетки они красятся ярче других структур.

В ядрах живых клеток хорошо заметно ядрышко. Оно имеет вид тельца округлой или неправильной формы и отчетливо выделяется на фоне довольно однородного ядра. Ядрышко — это образование, возникающее в ядре на тех хромосомах, которые участвуют в синтезе РНК *рибосом.* Район хромосомы, формирующий ядрышко, называют ядрышковым организатором. В ядрышке протекает не только синтез РНК, но и сборка субчастиц рибосом. Число ядрышек и их размеры могут быть различными. Продукты деятельности хроматина и ядрышка поступают первоначально в ядерный сок (кариоплазму).

Для роста и размножения клеток ядро совершенно необходимо. Если экспериментальным путем отделить от ядра основную часть цитоплазмы, то этот цитоплазматический комочек (цитопласт) может просуществовать без ядра лишь несколько суток. Ядро же, окруженное самым узким ободком цитоплазмы (кариопластом), полностью сохраняет свою жизнеспособность, постепенно обеспечивая восстановление органоидов и нормального объема цитоплазмы. Тем не менее некоторые специализированные клетки, например эритроциты млекопитающих, длительное время функционируют без ядра. Его лишены и тромбоциты — кровяные пластинки, образующиеся как фрагменты цитоплазмы больших клеток — мегакариоцитов. У сперматозоидов ядро есть, но оно совершенно неактивно.

ЧТО ЧИТАТЬ

Ориентироваться в списке литературы, рекомендуемой юным биологам, помогут названия разделов. Внутри раздела книги расположены в логическом порядке. Книги об ученых-биологах расположены в алфавитном порядке их фамилий.

НАУКА О ЖИЗНИ

Биология наших дней: (Сб. ст.). — М.: Знание, 1982. — (Нар. ун-т. Естественнонауч. фак.). Вып. 1. 1982. — 111 с., ил.

Вилли К., Детье В. Биология (биологические процессы и законы): Пер. с англ. — М.: Мир, 1974. — 821 с., ил.

Популярно, с учетом всех важнейших данных современной науки изложены все разделы общей биологии.

Медавар П., Медавар Дж. Наука о живом / Пер. с англ. П. С. Гурова; Под ред. и с предисл. Б. М. Медникова. — М.: Мир, 1983. — 207 с. — (В мире науки и техники).

Актуальные проблемы биологической науки: Пособие для учителя / Под ред. А. В. Яблокова. — М.: Просвещение, 1984. — 207 с., ил. — (Б-ка учителя биологии).

Биология: Справ. пособие / Под ред. В. А. Матузного. — Киев: Вища шк., 1985. — 368 с.

Смирнов И. Н. Философия, биология, практика. — М.: Знание, 1981. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике).

Фролов И. Т. Жизнь и познание: О диалектике в соврем. биологии. — М.: Мысль, 1981. — 268 с.

Пехов А. П. Биология и научно-технический прогресс. — М.: Знание, 1984. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Штрабанова С. Кто мы?: Книга о жизни, клетках и ученых / Пер. с чеш. — М.: Прогресс, 1984. — 144 с.

Володин Б. Г. ...И тогда возникла мысль. — 2-е изд., доп. — М.: Знание, 1985. — 224 с., ил. — (Б-ка «Знание»).

Книга рассказывает об истории цитологии.

Брусиловский А. И. Жизнь до рождения. — М.: Знание, 1984. — 191 с., ил.

Книга посвящена рассказу об эмбриологии.

Газарян К. Г. Современная эмбриология — практике. — М.: Знание, 1984. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Петров Р. В. Я или не я: Иммунологические мобили. — М.: Мол. гвардия, 1983. — 272 с., ил. — (Эврика).

Об иммунологии.

Чухрай Е. С. Молекула, жизнь, организм: Кн. для внеклас. чтения 8—10 кл. — М.: Просвещение, 1981. — 160 с., ил. — (Мир знаний).

О биохимии.

Казаков Б. И. Лаборатория внутри нас. — М.: Знание, 1984. — 192 с. — (Наука и прогресс).

Книга о биохимии.

Биохимия и защита среды: Сб. / Ред. Н. Филиповский. — М.: Знание, 1984. — 95 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).

Иваницкий Г. Р. Мир глазами биофизика — М.: Педагогика, 1985. — 128 с., ил. — (Б-чка Дет. энцикл. «Ученые — школьнику»).

Иваницкий Г. Р. Борьба идей в биофизике. — М.: Знание, 1982. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

История биофизики.

Физики изучают жизнь: Сб. / Ред. Л. Н. Жукова. — М.: Знание, 1983. — 47 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Твоя профессия»).

В сборнике рассказывается об одной из биологических наук — биофизике.

Борзенков В. Г. Биология и физика: (Логико-методол. анализ развития биол. знания). — М.: Знание, 1982. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Физика живого: Сб. ст. — М.: Знание, 1985. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Об исследованиях эритроцитов.

Кузин А. М. Вечерние раздумья. — М.: Сов. Россия, 1985. — 141 с., ил.

Об исследованиях в области радиационной биологии.

Брусиловский П. М. Становление математической биологии. — М.: Знание, 1985. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике).

Сумма биотехнологии. — М.: Знание, 1978. — 48 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Наука в твоей профессии»).

Об использовании биологических методов в животноводстве.

Мезенцев В. А. В лабиринтах живой природы. — 2-е изд., доп. — М.: Моск. рабочий, 1983. — 304 с., ил.

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Тимирязев К. А. Краткий очерк теории Дарвина. — 5-е изд. — М.: Сельхозиздат, 1953. 159 с., ил.

Шарова И. Х. Проблема теории эволюции. — М.: Знание, 1981. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Гангнус А. А. Рискованное приключение разума: Очерки идеи развития. — М: Знание, 1982. — 208 с., ил.

О философских проблемах эволюции и дарвинизма.

Скворцов А. К. Микроэволюция и пути видообразования. — М.: Знание, 1982. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Книга рассказывает об эволюции, изменчивости, видообразовании.

Татаринов Л. П. Палеонтология и эволюционное учение. — М.: Знание, 1985. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Моисеев Н. Н. Модели экологии и эволюции. — М.: Знание, 1983. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Пианка Э. Эволюционная экология / Пер. с англ. Под ред. М. С. Гилярова. — М.: Мир, 1981. — 399 с.

Кейлоу П. Принципы эволюции / Пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — 128 с.

Эволюция: Сб. ст. / Пер. с англ. Н. О. Фоминой; Под ред. М. В. Мины. — М.: Мир, 1981. — 265 с., ил.

Эттенборо Дж. Жизнь на Земле: Естеств. история / Пер. с англ. Под ред. Н. Н. Воронцова. — М.: Мир, 1984. — 176 с., ил.

Опарин А. И. Проблема происхождения жизни. — М.: Знание, 1976. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике).

Мухин Л. М. Планеты и жизнь. — 2-е изд. — М.: Мол. гвардия, 1984. — 191 с., ил. — (Эврика).

О происхождении жизни.

Ганты Т. Жизнь и ее происхождение: Кн. для уч-ся 9—10 кл. / Пер. с венг. Предисл. Л. А. Николаева. — М.: Просвещение, 1984. — 143 с., ил.

Иорданский Н. Н. Развитие жизни на Земле: Пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1981. — 191 с., ил.

Яковлева И. Н., Яковлев В. Н. По следам минувшего: [Для сред. и ст. шк. возраста]. — М.: Дет. лит., 1983. — 319 с., ил. — (Науч.-худож. лит.).

О палеонтологии.

Акимушкин И. И. Исчезнувший мир. — М.: Мол. гвардия, 1982. — 191 с., ил. — (Эврика).

О палеозоологии.

Факом К. Э. Происхождение жизни: Маленький теплый водоем / Пер. с англ. Под ред. Г. А. Деборина. — М.: Мир, 1982. — 158 с., ил.

Югай Г. А. Общая теория жизни: (Диалектика формирования). — М.: Мысль, 1985. — 256 с.

ОТ МОЛЕКУЛЫ ДО ОРГАНИЗМА

Либерман Е. А. Живая клетка. — М.: Наука, 1982. — 161 с., ил. — (Сер. «Наука и техн. прогресс»).

Воробьев В. И., Воробьев Р. И. Живая химия: Обмен веществ — основа жизни. — М.: Знание, 1985. — 96 с.

Иванов В. Т., Шамин А. Н. Путь к синтезу белка. — Л.: Химия, 1982. — 175 с., ил.

Чикров Ю. Г. Фотосинтез: два века спустя. — М.: Знание, 1981. — 191 с., ил. — (Жизнь замечат. идей).

Об истории изучения фотосинтеза.

Веденов А. А. Фотосинтез. — М.: Знание, 1984. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Розенгарт В. И. Ферменты — двигатели жизни. — Л.: Наука, 1983. — 160 с., ил. — (От молекулы до организма).

Надиров Н. К. Токоферолы (витамины группы Е) — биологически активные вещества. — М.: Знание, 1981.— 63 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Бахарев В. Д. Пептиды-регуляторы: Молекулярная регуляция мозга. — М.: Знание, 1985. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике).

Бреслав И. С., Миняев В. И. Воздух — дыхание — жизнь. — М.: Моск. рабочий, 1984. — 95 с., ил.

Книга о физиологии; о том, как происходит регуляция дыхания.

Морозов В. П. Занимательная биоакустика: Рассказы о языке эмоций в мире животных и человека. — М.: Знание, 1983. — 184 с., ил. — (Наука и прогресс).

Вартанян И. А. Звук — слух — мозг. — Л.: Наука, 1981. — 175 с., ил. — (От молекулы до организма).

Автор рассказывает о биоакустике, о слуховом анализаторе.

Вартанян И. А., Цирульников Е. М. Коснуться невидимого, услышать неслышимое: Действие фокусированного ультразвука на органы чувств и мозг. — Л.: Наука, 1985. — 143 с. — (От молекулы до организма).

Кефели В. И. Рассказы о фитогормонах. — М.: Агропромиздат, 1985. — 144 с., ил. — (Науч.-попул. лит.).

Блинкин С. А., Рудницкая Т. В. Фитонциды вокруг нас. — М.: Знание, 1981. — 144 с. — (Нар. ун-т. Естественнонауч. фак.)

Зверев И. Д. Книга для чтения по анатомии, физиологии и гигиене человека: Пособие для уч-ся. — 3-е изд., испр.— М.: Просвещение, 1983. — 223 с., ил.

Сергеев Б. Ф. Занимательная физиология. — 2-е изд. — М.: Мол. гвардия, 1977. — 303 с., ил. — (Эврика).

Этинген Л. -. Страна Анатомия. — М.: Сов. Россия, 1982. — 285 с., ил.

Чазов Е. И. Сердце и XX век: Для сред. и ст. шк. возраста. — 2-е изд., доп. — М.: Педагогика, 1985. — 159 с., ил. — (Б-чка Дет. энциклопедии. «Ученые — школьнику»).

Аржанцев П. З., Брюсов П. Г. Ткань жизни: О крови и кровотечении. — М.: Знание, 1977.— 95 с., ил.— (Нар. унт-т. Фак. здоровья).

Дыхание — это жизнь: Сб. — М.: Знание, 1982.— 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике.).

О дыхании и об органах дыхания.

Амосов Н. М. Книга о счастье и несчастьях: Дневник с воспоминаниями и отступлениями. — М.: Мол. гвардия, 1984. — 287 с., ил. — (Эврика).

Известный врач рассказывает о хирургии в СССР, об опорно-двигательном аппарате и его болезнях.

Глебов Р. Н. Мозг, синапсы и передача информации.— М.: Знание, 1984. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

О нервной системе.

Коростелев Н. Б. В царстве Гигии. — М.: Сов. Россия, 1980. — 189 с., ил.

О гигиене.

Бадридзе Н. М. Смелые и ловкие. — М.: Медицина, 1977. — 72 с., ил. — (Науч.-попул. мед. лит.).

Книга о здоровье и гигиене школьников, занятиях физкультурой и спортом.

В мире подростка / Сост. Г. Б. Борисов; Под. ред. А. А. Бодалева. — 2-е изд., стер. — М.: Медицина, 1982. — 295 с., ил. — (Науч.-попул. мед. лит.).

Книга о здоровье и гигиене подростков, их психологии.

Чусов Ю. Н. Закаливание школьников: Пособие для учителя. — М.: Просвещение, 1985. — 128 с., ил.

Куценко Г. И., Кононов И. Ф. Режим дня школьника. — М.: Медицина, 1983. — 96 с., ил. — (Науч.-попул. мед. лит.).

ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

Дубинин Н. П. Генетика и человек: Кн. для внекл. чтения 9—10 кл. — М.: Просвещение, 1978. — 114 с., ил. — (Мир знаний).

Дубинин Н. П. Очерки о генетике. — М.: Сов. Россия, 1985. — 254 с.

Лаптев Ю. П. Занимательная генетика. — М.: Колос, 1982. — 127 с., ил. — (Науч.-попул. лит.).

Антонов А. С. Генетические основы эволюционного процесса. — М: Знание, 1983. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Говалло В. И. Почему мы не похожи друг на друга: Очерки о биол. индивидуальности. — М.: Знание, 1984. — 192 с., ил.

Франк-Каменецкий М. Д. Самая главная молекула. — М.: Наука, 1983. — 159 с., ил. — (Б-чка «Квант»).

Молекулярная генетика. Молекула ДНК.

Нейфах А. А., Лозовская Е. Р. Гены и развитие организма. — М.: Наука, 1984. — 191 с. — (От молекулы до организма).

Вепринцев Б. Н., Ротт Н. Н. Проблема сохранения генофонда. — М.: Знание, 1985. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Дромашко С. Е., Романовский Ю. М. Эволюция математических моделей генетики. — М.: Знание, 1984. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Шешнев В. Б. Сорок шесть ступеней к идеалу. — М.: Колос, 1982. — 223 с., ил. — (Науч.-попул. лит.).

Книга о генетике и селекции.

Неттевич Э. Д. Рождение и жизнь сорта. — М.: Моск. рабочий, 1978. — 176 с., ил.

Книга о формах и методах современной селекции, о проблемах, которые перед ней стоят.

Насыров Ю. С. Генетика фотосинтеза и селекция. — М.: Знание, 1982. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Федин М. А. Достижения селекции в растениеводстве. — М.: Знание, 1980. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

ОРГАНИЗМЫ И СРЕДА

Герасимов И. П. Биосфера Земли. — М.: Педагогика, 1976. — 96 с., ил. — (Б-чка Дет. энциклопедии «Ученые — школьнику»).

Второв П. П., Дроздов Н. Н. Рассказы о биосфере: Пособие для уч-ся. — М.: Просвещение, 1976. — 128 с., ил. — (Мир знаний).

Пожарицкая Н. М. Слово о биосфере: (Основы учения о биосфере). — М.: Знание, 1975. — 94 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).

Общие проблемы экологии: Сб. / Ред. Н. Филиповский. — М.: Знание, 1983. — 95 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).

Лаптев И. Д. Экологические проблемы: Социал.-полит. и идеол. аспекты. — М.: Мысль, 1982. — 247 с.

Большаков В. Н. Экологическое прогнозирование. — М.: Знание, 1983. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).
Плотников В. В. На перекрестках экологии. — М.: Мысль, 1985. — 208 с.
Агесс П. Ключи к экологии / Пер. с фр. Предисл. Л. М. Филиппова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1982. — 96 с., ил.
Смит Р. Л. Наш дом планета Земля: Полемич. очерки об экологии человека / Пер. с англ. — М.: Мысль, 1982. — 382 с., ил.
Экологические горизонты: Человек и экол. пробл. Сб. / Ред. Н. Филипповский. — М.: Знание, 1982. — 95 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).
Человек и климат: Сб. / Ред. Н. Филипповский. — М.: Знание, 1984. — 95 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).
Книга о влиянии климата на организм человека, об акклиматизации.
Ягодинский В. Н. Ритм, ритм, ритм!: Этюды хронобиологии. — М.: Знание, 1985. — 192 с. — (Наука и прогресс).
Детари Л., Карцаги В. Биоритмы / Пер. с венг. — М.: Мир, 1984. — 160 с.
Алякринский Б. С., Степанова С. И. По закону ритма. — М.: Наука, 1985. — 176 с. — (От молекулы до организма).
Назаров В. И. За порогом вражды. — М.: Мысль, 1981. — 239 с., ил.
Автор рассказывает о симбиозе.
Акимушкин И. И. Невидимые нити природы. — М.: Мысль, 1985. — 287 с., ил.
Книга посвящена экологии животных.
Акимушкин И. И. Проблемы этологии. — М.: Мол. гвардия, 1985. — 191 с., ил. — (Эврика).
Известный популяризатор биологии рассказывает о поведении животных.
Штейнманн Г. Оружие животных / Пер. с венг. Т. Д. Корниловой. — М.: Лесн. пром-сть, 1984. — 144 с., ил.
Книга о поведении животных.
Тинберген Н. Поведение животных / Пер. с англ. Предисл. К. Э. Фабри. — 2-е изд., стер. — М.: Мир, 1985. — 192 с., ил.
Сетон-Томпсон Э. Жизнь и повадки диких животных. — М.: Знание, 1984. — 175 с., ил. — (Переводная науч.-попул. лит.) (Нар. ун-т. Естественнонауч. фак.).
Фаркаш Х. Странствия в мире животных / Пер. с венг. Предисл. А. Калецкого. — М.: Знание, 1983.— 191 с., ил. — (Переводная науч.-попул. лит.).
В книге рассказано о миграции животных.
Животные в городе: Сб. / Ред. Н. Филипповский. — М.: Знание, 1985. — 95 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).
Реброва Л. В. Живые организмы в космосе: Кн. для внекл. чтения 8—10 кл. — М.: Просвещение, 1983. — 159 с., ил. — (Мир знаний).

РАСТЕНИЯ И ГРИБЫ

Жизнь растений: В 6-ти т. Т. 1—6. — М.: Просвещение, 1974—1982.
Тимирязев К. А. Жизнь растения: Десять общедоступ. чтений с прилож. четырех публичных лекций / Биогр. очерк и науч. ред. Л. А. Иванова. — М.; Л.: Детгиз, 1949. — 255 с., ил. — (Школьная б-ка).
Растительный мир Земли: В 2-х т. / Под ред Д. Фукарека; Пер. с нем. — М.: Мир, 1982.
Т. 1. 1982. 136 с., ил.
Т. 2. 1982. 320 с., ил.
Лаптев Ю. П. Рассказы о полезных растениях: Пособие для уч-ся. — М.: Просвещение, 1982. — 80 с., ил.
Виленский Е. Р., Байко В. В. Растение раскрывает свои тайны. — М.: Колос, 1984. — 159 с., ил.— (Науч.-попул. лит.).
Смирнов А. В. Мир растений: Рассказы о кофе, лилиях, пшенице и пальмах. — М.: Мол. гвардия, 1981. — 303 с., ил. — (Эврика).
Смирнов А. В. Мир растений: Рассказы о соснах и можжевельнике, орляке и кукушкином льне, сморчках, опенках, мухоморах, мор. капусте, пепельнике и многих других редких и широко известных растениях. — М.: Мол. гвардия, 1982. — 335 с., ил. — (Эврика).
Верзилин Н. М. Путешествие с домашними растениями. — М.: Дет. лит., 1970. — 367 с., ил.
Букштынов А. Д. и др. Леса. — М.: Мысль, 1981.— 315 с., ил. — (Природа мира).
Рахилин В. К. Лесные богатства СССР. — М.: Просвещение, 1981. — 191 с., ил. — (Моя Сов. Родина).
Целебные растения: Сб. / Ред. Н. Филипповский. — М.: Знание, 1983. — 95 с.
Махлин М. Д. По аллеям гидросада. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — 152 с., ил.
В книге рассказано о водных растениях.
Человек и мир растений / Под ред. Д. Д. Брежнева. — М.: Колос, 1982. — 303 с., ил.
Книга о селекции, охране сельскохозяйственных и других растений.
Человек и растения: Сборник / Ред. Н.Филипповский. — М.: Знание, 1982. — 95 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).
Ивченко С. И. Занимательно о фитогеографии. — М.: Мол. гвардия, 1985. — 176 с., ил. — (Эврика).
Белоусова Л. С., Денисова Л. В. Редкие растения мира. — М.: Лесн. пром-сть, 1983. — 341 с., ил.
Мейен С. В. Следы трав индейских. — М.: Мысль, 1981. — 159 с., ил.
О палеоботанике.
Патури Ф. Р. Растения — гениальные инженеры природы / Пер. с нем. Ред и послесл. Б. П. Степанова. — 2-е изд. — М.: Прогресс, 1982. — 271 с., ил.
Книга о бионике, использовании «патентов» живой природы в деятельности человека.
Гарибова Л. В. В царстве грибов. — М.: Лесн. пром-сть, 1981. — 192 с., ил.

ЖИВОТНЫЕ

Брем А. Э. Жизнь животных: по А. Э. Брему: В 5-ти т. / Под общ. ред. А. Н. Северцова. Т. 1—5.— М.: Учпедгиз, 1937—1948.
Пять томов всемирно известной книги содержат систематическое описание строения тела животных, особенностей их жизни и поведения.
Жизнь животных: В 6-ти т. Т. 1—6. — М.: Просвещение, 1968—1971.
Книги прекрасно иллюстрированы.
Жизнь животных: В 7-ми т. — 2-е изд., перераб.— М.: Просвещение.
Издание еще не закончено, тома продолжают выходить.
Дмитриев Ю. Д. Соседи по планете: Млекопитающие. Для сред. и ст. шк. возраста. — М.: Дет. лит., 1981. — 304 с., ил.
Герань И. Удивительные животные: О позвоночных животных / Пер. с чеш. Под ред. А. В. Яблокова. — М.: Мир, 1985. — 207 с., ил. — (Библ. сер.).
Ашитков С. Р. Корни добра: Этюды о животных.— 2-е изд., доп. — М.: Лесн. пром-сть, 1985. — 102 с., ил.
Руковский Н. Н. По следам лесных зверей. — М.: Лесн. пром-сть, 1981. — 158 с., ил.
Акимушкин И. И. Мир животных: Рассказы о домаш. животных. — М.: Мол. гвардия, 1981. — 238 с., ил. — (Эврика).
Херриот Дж. О всех созданиях — больших и малых / Пер. с англ. Под ред. и с предисл. Д. Ф. Осидзе. — М.: Мир, 1985. — 383 с., ил. — (Библ. сер.).

Книга английского врача-ветеринара рассказывает о домашних животных.

Флинт В. Е., Черкасова М. В. Редкие и исчезающие животные. — М.: Педагогика, 1985. — 112 с., ил. — (Б-чка Дет. энциклопедии «Ученые — школьнику»).

Сосновский И. П. О редких животных мира: Пособие для уч-ся. — М.: Просвещение, 1982. — 192 с., ил.

Гржимек Б., Гржимек М. Серенгети не должен умереть / Пер. с нем. — 3-е изд.; Гржимек Б. Не щадя сил. — М.: Мысль, 1986. — 319 с., ил.

Гржимек Б. От кобры до медведя гризли / Пер. с нем. с сокр. Послесл. А. Г. Банникова. — М.: Мысль, 1984. — 223 с., ил.

Гржимек Б. Дикое животное и человек / Пер. с нем. Вступ. ст. А. Г. Банникова и Е. А. Геевской.— М.: Мысль, 1982. — 256 с., ил.

Гржимек Б. Наши братья меньшие / Пер. с нем.— М.: Мысль, 1981. — 200 с., ил. — (Библ. сер.).

Гржимек Б. Животные рядом с нами / Пер. с нем. Ред и послесл. С. К. Клумова. — М.: Прогресс, 1984. — 255 с., ил. — (Библ. сер.).

Адамсон Дж. Моя беспокойная жизнь / Сокр. пер. с англ. — М.: Прогресс, 1981. — 224 с., ил.

Адамсон Дж. Пятнистый сфинкс: Пиппа бросает вызов / Пер. с англ. М. Н. Ковалевой. — 5-е изд., стер. — М.: Мир, 1984. — 367 с., ил.

Даррелл Дж. Сад богов. Моя семья и другие звери. Путь кенгуренка. Гончие Бафута. Поймайте мне колобуса. Золотые крыланы и розовые голуби.— Любое издание.

Розовые чайки и черные журавли: Кн. о редких и исчезающих птицах / Сост. Н. Сладков. — Л.: Дет. лит., 1985. — 206 с., ил.

Томилин А. Г. Снова в воду: Биолог. очерк об околоводных, полуводных и водных млекопитающих.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Знание, 1984, — 192 с., ил.

Сергеев Б. Ф. Миф амфибий. — М.: Колос, 1983. — 191 с., ил. — (Науч.-попул. лит.).

Киселев Я. Е. Рыбы наших вод. — М.: Мысль, 1982. — 287 с., ил.

Фабр Ж.-А. Жизнь насекомых: Рассказы энтомолога: Сокр. пер. с фр. — М.: Учпедгиз, 1963. — 459 с., ил.

Васильева Е. Н., Халифман И. А. Пчелы: Повесть о биологии пчелиной семьи и победах науки о пчелах. — 6-е изд., доп. — М.: Мол. гвардия, 1981. — 304 с. — (Эврика).

Редкие насекомые / Под ред. С. А. Мирзояна. — М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 167 с., ил.

Серавин Л. Н. Простейшие... Что это такое? — Л.: Наука, 1984. — 174 с. — (От молекулы до организма).

Дроздов Н. Н., Макеев А. К. В мире животных. — М.: Лесн. пром-сть, 1984. — 129 с., ил.

О телевизионных научно-популярных передачах по биологии.

МИКРООРГАНИЗМЫ

Смородинцев А. А. Беседы о вирусах. — 2-е изд.— М.: Мол. гвардия, 1982. — 207 с., ил. — (Эврика).

Жданов В. М. и др. Тайны третьего царства. — 2-е изд., перераб. — М.: Знание, 1981. — 192 с., ил. — (Б-ка «Знание»).

В книге рассказано о вирусах.

Бароян О. В. Блики на портрете. — 2-е изд. — М.: Мол. гвардия, 1982. — 160 с., ил. — (Эврика).

О микробиологии.

Затула Д. Г., Мамедова С. А. Вирус — друг или враг? — М.: Педагогика, 1981. — 128 с., ил. — (Б-чка Дет. энциклопедии «Ученые — школьнику»).

Майер В., Кенда М. Невидимый мир вирусов / Пер. со словац. Под ред. А. Л. Мюзнера. — М.: Мир, 1981. — 336 с., ил.

Уманский К. Г. Роль вирусов в природе. — М.: Знание, 1981. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике).

Бетина В. Путешествие в страну микробов / Пер. со словац. — М.: Мир, 1976. — 271 с.

Коновалов С. А. Достижения технической микробиологии. — М.: Знание, 1976. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике).

Румянцев С. Н. Микробы, эволюция, иммунитет.— Л.: Наука, 1984. — 175 с.

ОХРАНА ПРИРОДЫ

Об охране окружающей среды: Сб. документов партии и правительства. 1917—1985 гг. / Сост. А. М. Галеева, М. Л. Курок. — 3-е изд., доп. — М.: Политиздат, 1986. — 415 с.

Охрана природы: Факультатив. курс. Пособие для уч-ся / Под ред. К. В. Пашканга. — М.: Просвещение, 1983. — 144 с., ил.

Охрана природы: Состояние, перспективы. Сборник / Ред. Н. Филипповский. — М.: Знание, 1981.— 95 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).

Голубев И. Р., Новиков Ю. В. Окружающая среда и ее охрана: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1985. — 191 с., ил.

Ефремов Ю. К., Хозин Г. С. Всемирная стратегия страны природы. — М.: Знание, 1981. — 48 с. — (Новое в жизни, науке, технике).

Аллен Р. Как спасти Землю: Всемир. стратегия охраны природы / Пер. с англ. — М.: Мысль, 1983.— 172 с., ил. — (Библ. сер.).

Лаптев И. П. Сельское хозяйство и охрана природы. — М.: Колос, 1982. — 214 с., ил. — (Науч.-попул. лит.).

Банников А. Г., Рустамов А. К., Вакулин А. А. Охрана природы: Учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб., доп. — М.: Агропромиздат, 1985. — 287 с.

Красная книга СССР: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений: В 2-х т. / А. М. Бородин (отв. ред.) и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Лесн. пром-сть, 1984.

Т. 1. 1984. 390 с., ил.

Т. 2. 1984. 478 с., ил.

Красная книга РСФСР: Животные / Сост. В. А. Забродин, А. М. Колосов. — М.: Россельхозиздат, 1983. — 455 с., ил.

Дмитриев Ю. Д., Пожарицкая Н. М. Твоя Красная книга. — М.: Мол. гвардия, 1983. — 110 с., ил.

Банников А. Г., Флинт В. Е. Мы должны их спасти: Очерки о жизни животных из Красной книги. — М.: Мысль, 1982. — 174 с., ил.

Банников А. Г. Мир животных и его охрана. — М.: Педагогика, 1978. — 128 с., ил. — (Б-чка Дет. энциклопедии «Ученые — школьнику»).

Берегущие жизнь: Сб. / Ред. Л. Н. Жукова. — М.: Знание, 1981. — 46 с., ил. — (Нар. ун-т. Фак. «Твоя профессия»).

Об охране окружающей среды.

Вишнякова Г. И. Хозяйствовать, оберегая природу. — М.: Колос, 1983. — 224 с., ил. — (Науч.-попул. лит.).

Аракчеев Ю. С. В поисках Аполлона. — М.: Мысль, 1985. — 256 с., ил.

Книга об охране биогеоценозов, растений, бабочек.

Общие проблемы природопользования. — М.: Знание, 1985. — 95 с.

Захлебный А. Н. Школа и проблемы охраны природы: Содержание природоохранительного образования. — М.: Педагогика, 1981. — 184 с.

Дроздов Н. Н., Макеев А. К. Жемчужины природы — заповедники: Кн. для уч-ся. — М.: Просвещение, 1985. — 191 с., ил. — (Моя Сов. Родина).

Борисов В. А. и др. Охраняемые природные территории мира: Нац. парки, заповедники, резерваты. — М.: Агропромиздат, 1985. — 310 с.

Второв П. П., Второва В. Н. Эталоны природы: (Пробл. выбора и охраны). — М.: Мысль, 1983.— 205 с., ил.

Биогеография, заповедники.

Малышев А. А. Повесть о заповедной земле: Для ст. шк. возраста. — М.: Дет. лит., 1981. — 222 с., ил.

Пысин К. Г. О памятниках природы России. — М.: Сов. Россия, 1982. — 175 с., ил.

Сосновский И. П. Живые музеи. — М.: Знание, 1981. — 143 с., ил. — (Нар. ун-т. Естественнонауч. фак.).

Об исследовательской и просветительской работе в зоологических заповедниках мира.

ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ-БИОЛОГИ

Азимов А. Краткая история биологии / Пер. с англ. — М.: Мир, 1967. — 175 с.

Книга американского фантаста Айзека Азимова, биолога по специальности, — своеобразный исторический очерк, прослеживающий развитие биологии от времен Древней Греции до XX в.

История биологии: В 2-х т. М.: Наука, 1972—1975.

Т. 1. С древнейших времен до начала XX в. 1972. 567 с., ил.

Т. 2. С начала XX в. до наших дней. 1975. 660 с., ил.

Биологи: Биогр. справочник / Т. П. Бабий и др.— Киев: Наук. думка, 1984. — 815 с.

Великие естествоиспытатели. — М.: Знание, 1985. — 95 с. — (Нар. ун-т. Фак. «Человек и природа»).

Давыдов А. Испытатели природы. — М.: Знание, 1981. — 79 с. — (Прочти, товарищ!).

Андреева Е. В. Неутомимый следопыт: Биогр. повесть о Н. И. Вавилове. — Л.: Дет. лит., 1979.— 92 с., ил.

Резник С. Е. Николай Вавилов. — М.: Мол. гвардия, 1968. — 332 с., ил. — (Жизнь замечат. людей).

Корсунская В. М., Верзилин Н. М. В. И. Вернадский: Пособие для уч-ся. — М.: Просвещение, 1975. — 127 с., ил. — (Люди науки).

Гумилевский Л. И. Вернадский. — 2-е изд. — М.: Мол. гвардия, 1967. — 256 с., ил. — (Жизнь замечат. людей).

Казначеев В. П. Учение о биосфере: Этюды о науч. творчестве В. И. Вернадского (1863—1945). — М.: Знание, 1985. — 79 с. — (Нар. ун-т. Естественнонауч. фак.).

Яновская М. И. Вильям Гарвей. — М.: Мол. гвардия, 1957. — 168 с., ил. — (Жизнь замечат. людей).

Голубев Г. Н. Всколыхнувший мир: Дарвин. Лит. портрет. — М.: Мол. гвардия, 1982. — 174 с., ил. — (Пионер — значит первый).

Дарвин Ч. Путешествие натуралиста вокруг света на корабле «Бигль». — 4-е изд. — М.: Мысль, 1983. — 431 с., ил.

Стоун И. Происхождение: Роман-биография Ч. Дарвина / Пер. с англ. — М.: Политиздат. 1983. — 478 с., ил. — (Б-ка атеист. лит.).

Астауров Б. Л., Рокицкий П. Ф. Николай Константинович Кольцов. — М.: Наука, 1975. — 168 с., ил. — (Науч.-биогр. сер.).

Чернов А. Г. В. Л. Комаров. — М.: Знание, 1969. — 94 с., ил. — (Творцы науки и техники).

Корсунская В. М. Карл Линней: Кн. для уч-ся. — 4-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 1984. — 127 с., ил. — (Люди науки).

Володин Б. Г. Мендель. — М.: Мол. гвардия, 1968. — 255 с., ил. — (Жизнь замечат. людей).

Резник С. Е. Мечников. — М.: Мол. гвардия, 1973. — 366 с., ил. — (Жизнь замечат. людей).

Могилевский Б. Л. Илья Ильич Мечников. — М.: Мол. гвардия, 1958. — 352 с., ил. — (Жизнь замечат. людей).

Михайлов В. М. Путь к истине: Об А. И. Опарине. — М.: Сов. Россия, 1984. — 224 с., ил. — (Люди Сов. России).

Воронин С. А. Жизнеописание Ивана Петровича Павлова: Док. повесть. — Л.: Сов. писатель, 1984. — 319 с.

Асратян Э. А. Иван Петрович Павлов. — М.: Наука, 1974. — 455 с., ил. — (Науч.-биогр. сер.).

Талызин Ф. Ф. Е. Н. Павловский: Пособие для уч-ся. — М.: Просвещение, 1981. — 112 с., ил. — (Люди науки).

Талызин Ф. Ф. Путешествие за невидимым врагом. — М.: Мысль, 1974. — 71 с., ил.

О Е. Н. Павловском.

Яновская М. И. Пастер. — М.: Мол. гвардия, 1960. — 363 с., ил. — (Жизнь замечат. людей).

Веселов Е. А. А. Н. Северцов: Жизнь, деятельность и науч. труды: Пособие для уч-ся. — М.: Просвещение, 1975. — 191 с., ил. — (Люди науки).

Ярошевский М. Г. Иван Михайлович Сеченов. — Л.: Наука, 1968. — 423 с. — (Науч.-биогр. сер.).

Березовский В. А. Иван Михайлович Сеченов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Киев: Наук. думка, 1984. — 168 с., ил.

Поповский М. А. Разорванная паутина. — М.: Сов. Россия, 1963. — 132 с., ил. — (Гордость с.-х. науки).

О К. И. Скрябине.

Ландау-Тылкина С. П. К. А. Тимирязев: Кн. для уч-ся. — М.: Просвещение, 1985. — 127 с., ил. — (Люди науки).

Разгон Л. Э. Зримое знание: О книгах К. А. Тимирязева и А. Е. Дерсмана. — М.: Книга, 1983. — 253 с., ил.

ЮНЫЕ БИОЛОГИ

Энциклопедический словарь юного натуралиста: Для сред. и ст. шк. возраста / Ред. кол: Е. Е. Сыроечковский (гл. ред.) и др. — М.: Педагогика, 1981. — 398 с., ил.

Городецкая Н. А. Природе — заботу молодых. — М.: Лесн. пром-сть, 1983. — 166 с., ил.

Книга юного натуралиста / И. Шабаршов и др. — 2-е изд. — М.: Мол. гвардия, 1982. — 207 с., ил.

Велек Й. Что должен знать и уметь юный защитник природы / Пер. с чеш. и послесл. Л. Р. Серебряного. — М.: Прогресс, 1983. — 272 с., ил.

Браун В. Настольная книга любителя природы / Пер. с англ. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985. — 279 с., ил.

Формозов А. Н. Среди природы. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 1985. — 286 с., ил.

О фенологических наблюдениях за животными.

Евгеньева Т. П. Племя кюбзовцев: (Кружок юных биологов зоопарка). — М.: Знание, 1984. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике).

Сосновский И. П., Корнеева В. И. Уголок природы в школе: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1986. — 112 с., ил.

Гусев В. Г. Живой уголок. — 2-е изд. — М.: Лесн. пром-сть, 1985. — 174 с., ил.

Плавильщиков Н. Н. Юным любителям природы. — М.: Дет. лит., 1975. — 303 с., ил.

Бобров Р. В. Зеленый патруль: Пособие для учителей: — М.: Просвещение, 1977. — 144 с., ил.

О работе юных лесоводов.

Биологические экскурсии: Кн. для учителя / И. В. Измайлов и др. — М.: Просвещение, 1983. — 224 с., ил.

Мамаев Б. М. Школьный атлас — определитель насекомых: Кн. для уч-ся. — М.: Просвещение, 1985. — 160 с., ил.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Алфавитный указатель поможет вам быстрее найти в словаре нужные сведения. В него включены все статьи (термины) словаря, а также другие понятия и имена, встречающиеся в книге. Все они расположены в едином алфавитном порядке и сопровождаются ссылками на страницы, где вы можете о них прочитать или увидеть иллюстрацию. Названия статей выделены жирным шрифтом.

Д

Е, Ж

З

И

К

Л

М

Н

О

П

Р

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

в., вв. — век, века
г. — год, город
г — грамм
гг. — годы
г/м^3/сут — грамм на кубический метр в сутки
Гц — герц
кг — килограмм
км/ч — километр в час
Л. — Ленинград (в библиографическом указателе)
л — литр
М. — Москва (в библиографическом указателе)
м — метр
мес — месяц
мин — минута
мкм — микрометр
мкм^3 — кубический микрометр
мкм/мин — микрометр в минуту
мл — миллилитр
мм — миллиметр
мм рт. ст. — миллиметр ртутного столба
м/с — метр в секунду
нм — нанометр
с. — страница
см. — смотри
см/ч — сантиметр в час
ст. — статья
эВ — электронвольт

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО БИОЛОГА

Составитель
АСПИЗ М. Е.

Заведующий редакцией словарей и справочников для детей и юношества
КИРЬЯНОВ В. Ю.

Ведущий редактор
ПЕТЕРСОН М. Р.

Специальный редактор
САФОНОВ Н. Н.

Контрольный редактор
КУРИЦ Т. С.

Редакторы карт:
ЛЕБЕДЕВА Е. Н.
КОВАЛЕВА А. В.

Младший редактор
ОВЧИНКИНА Т. В.

Художественный редактор
ХРАМОВ В. П.

Младший художественный редактор
СОРОКА Т. П.

Технический редактор
ИВАНОВА Т. Г.

Корректоры:
АНТОНОВА В. С.
РЕЙБЕКЕЛЬ В. Н.

Авторы:
АСПИЗ М. Е.
АФАНАСЬЕВА Л. Г.
БЕЛОУСОВ Л. В.
БЕРКИНБЛИТ М. Б.
БОЛЬШАКОВА Г. Б.
БРОДСКИЙ В. Я.
ВАСИЛЬЕВА Н. В.
ВОРОБЬЕВ И. А.
ГАБУНИЯ Л. К.
ГЕОДАКЯН А. В.
ГЕОДАКЯН В. А.
ГЛАДИЛИН К. Л.
ГОЛОВАНОВА Т. И.
ДЫЛИС Н. В.
ЕРОПКИН М. Ю.
ЗАЦЕПИНА О. В.
ЗОРИНА З. А.
ЗОТОВ В. А.
КАНДРОР В. И.
КЛУНОВА С. М.
КОЛЬЦОВА Н. А.
КУЛИКОВА Е. В.
КУРИЦ Т. С.
ЛИТИНСКАЯ Т. К.
ЛОЗОВСКАЯ Г. С.
МАРГОЛИС Л. Б.
МАШ Р. Д.
МЕДНИКОВ Б. М.
НЕЙФАХ А. А.
ОНИЩЕНКО Г. Е.
ОРЛОВА Н. Н.
ПЛОТНИКОВА И. В.
РАЗГОН Л. Э.
РОГОЖКИН А. Г.
САВВАИТОВА К. А.
САФОНОВ Н. Н.
СЕВАСТЬЯНОВА Г. А.
СЕРГЕЕВ Б. Ф.
СКВОРЦОВ А. К.
СЛАДКОВ А. Н.
ТРУТНЕВ Л. Н.
ТУШМАЛОВА Н. А.
ФИЛИППОВИЧ Ю. Б.
ЧЕНЦОВ Ю. С.
ШИМАНСКИЙ В. Н.
ШНОЛЬ С. Э.
ЯБЛОКОВ А. В.

Принципиальный макет художника
ЮЛИКОВА А. М.

Оформление издания художника
КОМАРОВА В. С.

Макет книги художника
ХРАМОВА В. П.

Иллюстрации выполнили художники:
БОРИСОВ И. Г.
ВАЛИТ Б. А.
ГАЛКИН В. А.
ИСАКОВ А. Ю.
КАМЕНЩИКОВ Д. Б.
КОВАЛЬ В. С.
КОГАН Е. А.
КОМАРОВ В. С.
КУДРЯВЦЕВ Д. Н.
ЛОБАНОВА И. Г.
ЛУХИН С. Ф.
МЕРЖЕЕВСКИЙ М. М.
ПАНКОВ И. Г.
РОДИН В. Н.
САЛЬНИКОВ А. В.
СЕМАКОВ А. В.
СЕРГЕЕВА М. Н.
СИДОРОВА Г. М.
СОРОКА Т. П.

Фотоиллюстрации выполнили:
ГОЛЬЦМАН М. Е.
КИРЮХИН В. Н.
ЛУЦКИЙ А. М.
КОНСТАНТИНОВ И. И.
МИЩЕНКО А. Л.
НАЗАРОВ Э. В.
НЕЧАЕВ Б. А.
ОЛЬХИН М. З.
ПЕТРИНЬША А. Я.
СКВОРЦОВ В. Д.
СМИРНОВ Г. М.
СТРАДЗЕ М. Д.
ШИБНЕВ Ю. Б.
ШТЕЙНБАХ М. В.

Использованы материалы фотохроники ТАСС

НБ № 1044
Сдано в набор 19.07 85. Подписано в печать 21.04.86. Формат 70×108/16. Бумага мелов. для офсет. печати ТУ810148279. Печать офсетная. Гарнитура литературная Усл. печ л. 30,80. Уч.-изд. л 39,97 Усл. кр.-отт. 124,24. Тираж 500 000 экз. (1-й завод 1—200 000 экз.). Зак. 2227 Цена 5 р. 20 к В суперобложке 5 р. 30 к.

Издательство «Педагогика» Академии педагогических наук СССР и Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 107847, Москва, Лефортовский пер., 8.

Редакция энциклопедических словарей и справочников для детей и юношества. 107066, Москва, ул. Карла Маркса, 35.

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 170024, г. Калинин, проспект Ленина, 5



ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО БИОЛОГА

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ
ЮНОГО БИОЛОГА





ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ
ЮНОГО БИОЛОГА